

TECNOLOGÍA DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

NUEVAS FRONTERAS PARA LA MITIGACIÓN SÍSMICA

EDWAR GARCIA AREVALO
JUAN DANIEL TEJEIRA BERRIOS
JUAN CARLOS ROJAS PAREDES
MARTIN PAUCARA ROJAS

ARCO
EDITORES

TECNOLOGÍA DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

NUEVAS FRONTERAS PARA LA MITIGACIÓN SÍSMICA

EDWAR GARCIA AREVALO
JUAN DANIEL TEJEIRA BERRIOS
JUAN CARLOS ROJAS PAREDES
MARTIN PAUCARA ROJAS

ARCO
EDITORES

Conselho Editorial

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva - UNIDAVI
Prof. Dr. Astor João Schönell Júnior - IFFAR
Prof. Dr. Alan Ricardo Costa - UFRR
Prof. Dr. Allan Diêgo Rodrigues Figueiredo - UESPI
Profa. Dra. Andréia Bulaty - UNESPAR
Profa. Dra. Carla da Conceição de Lima - UFVJM
Prof. Dr. Camilo Darsie de Souza - UNISC
Profa. Dra. Clarice Caldeira Leite - UFRGS
Profa. Dra. Cecilia Decarli - UFRGS
Prof. Dr. Carlos Adriano Martins - UNICID
Prof. Dr. Christian Dennys Monteiro de Oliveira - UFCE
Profa. Dra. Dayse Marinho Martins - UFMA
Prof. Dr. Deivid Alex dos Santos - UEL
Prof. Dr. Dioni Paulo Pastorio - UFRGS
Prof. Dr. Douglas Manoel Antonio de Abreu Pestana dos Santos - FASESP
Profa. Dra. Elane da Silva Barbosa - UERN
Profa. Dra. Elen Gomes Pereira - IFBA
Profa. Dra. Francielle Benini Agne Tybusch - UFN
Prof. Dr. Francisco Odécio Sales - IFCE
Prof. Dr. Francisco Ricardo Miranda Pinto - UFCAT
Prof. Dr. Gilvan Charles Cerqueira de Araújo - UCB
Prof. Dr. Ismar Inácio dos Santos Filho - UFAL
Prof. Dr. Leonardo Bigolin Jantsch - UFSM
Profa. Dra. Liziany Müller Medeiros - UFSM
Profa. Dra. Marcela Mary José da Silva - UFRB
Prof. Dr. Mateus Henrique Köhler - UFSM
Prof. Dr. Michel Canuto de Sena - UFMS
Profa. Dra. Mônica Aparecida Bortolotti - UNICENTRO
Prof. Nilton David Vilchez Galarza - UPLA
Prof. Dr. Olavo Barreto de Souza - UEPB
Prof. Dr. Rafael Nogueira Furtado - UFABC
Prof. Dr. Roberto Araújo da Silva Vasques Rabelo - UNISANTOS
Prof. Dr. Rodrigo Toledo - USCS
Prof. Dr. Rodolfo Rodrigues de Souza - UERJ
Prof. Dr. Sidnei Renato Silveira - UFSM
Prof. Dr. Thiago Ribeiro Rafagnin - UFOB
Prof. Dr. Tomás Raúl Gómez Hernández - UCLV

Editor Chefe: Ivania Folmer

Projeto gráfico e Diagramação: Gabriel Eldereti Machado

Imagem capa: www.canva.com

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Tecnología digital y construcción sismorresistente
[livro eletrônico] : nuevas fronteras para la
mitigación sísmica / Edwar Garcia Arevalo ...
[et al.]. -- 1. ed. -- Santa Maria, RS :
Arco Editores, 2025.
PDF

Outros autores: Juan Daniel Tejeira Berrios, Juan
Carlos Rojas Paredes, Martin Paucara Rojas
Bibliografia
ISBN 978-65-5417-591-3

1. Construção - Contratos e especificações
2. Educação 3. Informação - Organização 4. Mitigação
5. Transformação digital I. Arevalo, Edwar Garcia.
II. Berrios, Juan Daniel Tejeira. III. Paredes, Juan
Carlos Rojas. IV. Rojas, Martin Paucara. V. Título.

25-320003. 0

CDD-658. 05

Índices para catálogo sistemático:

1. Transformação digital : Administração 658.05

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964



10.48209/978-65-5417-591-3

*Este livro é o resultado de uma pesquisa científica em atividades de ciência e tecnologia.
O trabalho foi revisado por pares acadêmicos externo antes de ser publicado.*



CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I.....	13
TECNOLOGÍA DIGITAL.....	13
1.1. ¿Qué es la tecnología digital?.....	14
1.2. Componentes esenciales de la tecnología digital.....	16
1.3. Ámbitos de aplicación de la tecnología digital: importancia del uso.....	19
1.4. Tipos de tecnología digital: características generales.....	23
1.5. Competencias digitales para el uso de herramientas tecnológicas.....	26
1.6. Buenas prácticas en el entorno digital.....	29
1.7. Impacto de la tecnología digital en la industria de la construcción.....	32
CAPÍTULO II.....	35
ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES.....	35
2.1. Generalidades de las estructuras sismorresistentes.....	36
2.2. Criterios generales para el diseño de estructuras sismorresistentes.....	38
2.3. Materiales y sistemas de aislamiento y disipador sísmico para una adecuada construcción sismorresistente.....	40
2.4. Evaluación de las estructuras sismorresistentes para la mejora del comportamiento estructural.....	42
2.5. Normativa peruana para la construcción de estructuras sismorresistentes.....	45
2.6. Resistencia sísmica y seguridad estructural en construcciones sismorresistentes.....	48
CAPÍTULO III.....	52
LA TECNOLOGÍA DIGITAL Y SU INFLUENCIA EN LAS ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES.....	52
3.1. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo sísmico.....	53

3.2. Tipos de tecnología digital aplicada en el diseño de estructuras sismorresistentes.....	56
3.2.1. <i>Diseño asistido por computadora (CAD)</i>	56
3.2.2. <i>Modelado de información de construcción (BIM)</i>	59
3.2.3. <i>Simulación y análisis estructural (CAE)</i>	61
3.3. Mejora de la calidad en la construcción mediante el uso de tecnologías digitales.....	63
3.4. Desafíos y oportunidades actuales de la tecnología digital en la construcción sismorresistente.....	65
CAPÍTULO IV.....	68
LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	68
4.1. Metodología.....	70
4.2. Resultados.....	74
4.3. Discusión.....	79
4.4. Conclusiones.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
SOBRE LOS AUTORES.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Normas complementarias relevantes.....	47
Tabla 2	Sistematización de los objetivos según intensidad del sismo.....	50
Tabla 3	Cuadro de términos clave, resultados y bases de datos.....	71
Tabla 4	Cuadro de artículos seleccionados.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gestión del riesgo sísmico.....	55
Figura 2 Diagrama de flujo PRISMA.....	73
Figura 3 Diseño de estudio de documentos seleccionados.....	77
Figura 4. Tendencia porcentual en las herramientas digitales.....	78
Figura 5 Año de publicación de artículos seleccionados.....	79

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo identificar y analizar las tecnologías digitales más utilizadas en la construcción de estructuras sismorresistentes, así como su impacto en la ingeniería moderna. A través de una revisión sistemática desarrollada bajo el método PRISMA, se examinaron artículos publicados entre 2021 y 2025 en las bases de datos Scopus y SciELO, de los cuales se seleccionaron 15 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y descarte. Los resultados revelan que las herramientas digitales más destacadas son el Building Information Modeling (BIM), la inteligencia artificial (IA), el Internet of Things (IoT), el Digital Twin (DT) y las redes neuronales. Todas ellas permiten mejorar el diseño estructural, optimizar la gestión de riesgos y fortalecer la seguridad sísmica de las edificaciones. Asimismo, se observa un creciente interés en la aplicación de la IA y el aprendizaje automático para la simulación predictiva y la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real. En conclusión, la integración de estas tecnologías transforma los procesos constructivos tradicionales y promueve edificaciones más seguras, sostenibles e inteligentes frente a los desafíos sísmicos contemporáneos.

Palabras clave: tecnología digital, estructuras sismorresistentes, ingeniería, construcción, urbanización

ABSTRACT

The aim of this research is to identify and analyse the most widely used digital technologies in the construction of earthquake-resistant structures, as well as their impact on modern engineering. Through a systematic review developed under the PRISMA method, articles published between 2021 and 2025 in the Scopus and SciELO databases were examined, from which 15 studies that met the inclusion and exclusion criteria were selected. The results reveal that the most prominent digital tools are Building Information Modelling (BIM), artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), Digital Twin (DT) and neural networks. All of these tools make it possible to improve structural design, optimise risk management and strengthen the seismic safety of buildings. There is also growing interest in the application of AI and machine learning for predictive simulation and real-time data-driven decision-making. In conclusion, the integration of these technologies transforms traditional construction processes and promotes safer, more sustainable and smarter buildings in the face of contemporary seismic challenges.

Keywords: digital technology, earthquake-resistant structures, engineering, construction, urbanisation

INTRODUCCIÓN

La tecnología digital ha revolucionado la ingeniería estructural al optimizar el diseño y análisis de estructuras sismorresistentes mediante herramientas como CAD (diseño asistido por computadora), BIM (modelado de información de construcción) y CAE (simulación y análisis estructural), que permiten mayor precisión, eficiencia y seguridad. Estas tecnologías facilitan la simulación sísmica, la detección de fallas y la optimización del uso de materiales. En Perú su aplicación resulta esencial dada la alta sismicidad del territorio. Al respecto, la Norma E.030 promueve edificaciones más seguras y resilientes frente a los eventos sísmicos.

En el primer capítulo, se desarrolla el concepto de tecnología digital, analizando sus componentes, aplicaciones y tipologías más relevantes, así como las competencias digitales necesarias para su implementación eficiente. Además, se abordan las buenas prácticas en entornos tecnológicos y el papel transformador de las herramientas mencionadas en la industria de la construcción, lo cual destaca su influencia en la optimización de procesos y en la precisión del diseño estructural.

El segundo capítulo profundiza en lo que son las estructuras sismorresistentes al describir sus fundamentos, criterios de diseño y materiales esenciales para garantizar su estabilidad durante los eventos sísmicos. También se examinan los sistemas de aislamiento y disipación sísmica, los métodos de evaluación estructural y las principales disposiciones de la normativa peruana (Norma E.030), enfatizando la importancia de la resistencia sísmica y la seguridad estructural como pilares del desarrollo urbano.

En el tercer capítulo, se explora cómo la tecnología digital influye directamente en la construcción sismorresistente al integrar el uso de herramientas avanzadas como CAD, BIM y CAE. Además, se examina su rol en la mejora de la calidad constructiva, así como los desafíos y oportunidades que plantea su incorporación en la práctica profesional, especialmente en contextos de alta sismicidad como el Perú.

Finalmente, el cuarto capítulo presenta una revisión sistemática de estudios y experiencias sobre la aplicación de tecnologías digitales en la ingeniería estructural, evaluando sus aportes al rendimiento sísmico y su impacto en la gestión de riesgos. Este enfoque integral ayuda a comprender cómo la convergencia entre la innovación tecnológica y la ingeniería sismorresistente redefine los estándares de seguridad, eficiencia y sostenibilidad en la construcción moderna.

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍA DIGITAL

En el siglo XXI, la tecnología digital se ha convertido en el principal motor del cambio global, lo que ha tenido un profundo impacto en la forma en que las personas trabajan, se comunican, aprenden y crean. Al basarse en la representación binaria de la información, los datos pueden procesarse, almacenarse y transmitirse con una velocidad y precisión sin precedentes, a diferencia de la tecnología analógica. Para comprender la tecnología digital, es necesario conocer tanto su definición técnica como su función al ser la base para la innovación y el avance económico y social moderno (Chan et al., 2023).

Por su parte, Kanbara et al. (2025) sostienen que el conocimiento de los elementos fundamentales que la componen es crucial para comprender su alcance. Entre estos se incluyen el *hardware*, que facilita el procesamiento y el almacenamiento; el *software*, que dirige las operaciones; las redes y la conectividad, que facilitan la comunicación mundial; los servicios y plataformas que combinan estos componentes en soluciones viables, y los datos, que constituyen la unidad más pequeña de información. Desde los dispositivos móviles comunes hasta las infraestructuras en la nube y los sistemas de inteligencia artificial que impulsan la economía digital son componentes que trabajan juntos para mantener el ecosistema digital.

Kuncoro et al. (2023) señalan que la tecnología digital se ha convertido en una herramienta esencial para la eficiencia y la competitividad en muchas facetas de la vida moderna. El comercio electrónico y el análisis de grandes cantidades de datos se hacen más fluidos en el sector empresarial; el aprendizaje en línea amplía el acceso al conocimiento; la telemedicina mejora el diagnóstico y la atención, y la administración pública digital fomenta la transparencia y la participación ciudadana en la gestión pública. Su carácter transversal demuestra que su aplicación no solo agiliza los procedimientos, sino que también abre las puertas al crecimiento y la inclusión en casi todos los ámbitos.

Por último, se puede evaluar la relevancia estratégica de la tecnología digital analizando sus tipos, las habilidades necesarias para utilizarla, las mejores prácticas para un entorno seguro y sus efectos en sectores concretos, como la construcción. Cada categoría, desde las operaciones industriales hasta la información y la comunicación, tiene características y dificultades únicas. Para aprovechar al máximo el potencial de esta revolución tecnológica y garantizar que su influencia se traduzca en avances y ventajas a largo plazo para la sociedad en su conjunto, es imprescindible que las personas adquieran competencias digitales, respeten la seguridad de los datos y adopten hábitos responsables.

1.1. ¿Qué es la tecnología digital?

En la actualidad, la tecnología digital se entiende como el ecosistema de dispositivos, sistemas y procesos capaces de capturar, codificar, procesar, almacenar y transmitir información en formato binario, es decir, en una secuencia de ceros y unos. Esta representación discreta permite convertir prácticamente cualquier tipo de dato —texto, imagen, sonido, video o señales físicas— en información que puede ser manipulada, comprimida, encriptada y transmitida sin pérdida significativa de calidad. A diferencia de la tecnología analógica, basada en variaciones continuas, la digital garantiza una fidelidad y precisión superiores, así como una capacidad de replicación ilimitada sin degradación (Wang et al., 2024).

Asimismo, la tecnología digital es mucho más que computadoras y teléfonos inteligentes: abarca una amplia gama de servicios e infraestructuras, como la computación en la nube, la inteligencia artificial, la cadena de bloques, las redes de comunicaciones 5G y 6G y el Internet de las cosas (IoT). En conjunto, estos elementos favorecen entornos de *big data*, análisis en tiempo real y automatización de procesos en una gran variedad de sectores, entre los que se incluyen la fabricación avanzada, la sanidad, la educación y la agricultura. A su vez, la miniaturización de los semiconductores es uno de los pilares de la tecnología digital. Los dispositivos actuales pueden ejecutar billones de operaciones por segundo con un menor consumo energético en virtud de la ley de Moore y los avances en materiales, como los transistores de 3 nanómetros y los chips

basados en grafeno. Gracias a este desarrollo, los dispositivos electrónicos portátiles, los relojes inteligentes e incluso los diminutos sensores integrados en objetos cotidianos cuentan ahora con potentes capacidades informáticas (Chan et al., 2023).

Además, Hu et al. (2024) sostienen que la capacidad de convergencia de la tecnología digital —la integración de diversas plataformas y servicios en entornos cohesionados— es lo que la define. Un *smartphone*, por ejemplo, puede servir como cámara, monedero electrónico, plataforma de entretenimiento, centro de salud personal y herramienta para proyectos en grupo. Como resultado de esta convergencia, han surgido modelos de negocio disruptivos como las *superapps*, que integran varios servicios —desde el comercio electrónico hasta la mensajería— en una única interfaz.

Por otro lado, Urzi et al. (2022) puntualizan que la digitalización ha cambiado la forma en que las personas se conectan en el espacio de la comunicación. La codificación digital y el ancho de banda que ofrecen las redes de próxima generación posibilitan las redes sociales, la realidad aumentada, el metaverso y las videoconferencias de ultra alta definición. Las experiencias casi en tiempo real, antes inimaginables, que son posibles gracias a la latencia ultrabaja del 5G y, pronto, del 6G, están impulsando avances en robótica, telemedicina y carros sin conductor.

Otro componente esencial de la tecnología digital moderna es la ciberseguridad. Los datos deben protegerse de las amenazas cada vez mayores cuando se opera en redes globales y entornos binarios. Las innovaciones recientes, como la criptografía de clave cuántica, el cifrado homomórfico y las arquitecturas de confianza cero, tienen como objetivo proteger la privacidad y la integridad de los datos, dos componentes esenciales en una economía que depende en gran medida de los datos como activo estratégico. De igual modo, la tecnología digital ha impulsado los modelos de aprendizaje híbrido y a distancia en la educación y el lugar de trabajo, trayendo consigo entornos colaborativos basados en la nube, aulas virtuales inmersivas y plataformas de aprendizaje adaptativo. Las herramientas basadas en inteligencia artificial como estas adaptan el contenido al ritmo y las preferencias de aprendizaje de

cada trabajador o estudiante, fomentando la inclusión y la educación continua en un mercado laboral que requiere la actualización de las habilidades (Saa-vedra, 2023).

Desde el punto de vista de Zurita (2024), las finanzas y el comercio han cambiado. Esto se debe a que la economía global se ha transformado como resultado de las transacciones digitales, las criptomonedas y la banca en línea. Mientras que el análisis de datos y la inteligencia artificial hacen posible predecir las tendencias de consumo, gestionar los riesgos y ofrecer servicios financieros personalizados a gran escala, tecnologías como el *blockchain* proporcionan trazabilidad y transparencia. Más aún, la tecnología digital se está acercando cada vez más a la computación cuántica, que tiene el potencial de procesar datos a velocidades imposibles de alcanzar para los sistemas clásicos. Aunque todavía se encuentra en fase experimental, esta tecnología tiene el potencial de marcar el comienzo de una nueva era en cuanto a potencia de cálculo, revolucionando ámbitos como la simulación de materiales, la investigación farmacéutica, la inteligencia artificial avanzada y la optimización de grandes redes.

Por último, el cambio social y económico se ve impulsado por la tecnología digital. La sostenibilidad energética, las ciudades inteligentes, la agricultura de precisión y la telemedicina son ejemplos de sus efectos. Pero también plantea cuestiones de ética y equidad: la protección de la información personal, la lucha contra la brecha digital y el uso responsable de la inteligencia artificial son cuestiones prioritarias tanto en la agenda empresarial como en la gubernamental. En resumen, la tecnología digital es más que un conjunto de herramientas: es la base de la vida moderna, ya que promueve innovaciones que dan forma a las interacciones, el aprendizaje, el trabajo y el futuro.

1.2. Componentes esenciales de la tecnología digital

La arquitectura de la tecnología digital está compuesta por elementos que cooperan para recopilar, procesar, almacenar, proteger y difundir datos. Para que los usuarios finales puedan beneficiarse de aplicaciones tan variadas como las redes sociales, las plataformas de comercio electrónico, la inteli-

gencia artificial y el *streaming* de video, es necesaria cada una de las capas de este ecosistema. A continuación, se examinan con más detalle los principales componentes de este marco tecnológico, que en conjunto permiten la transformación digital de casi todos los sectores productivos.

Para Lluman y Busto (2025), el primer componente son los datos y el contenido digital, que constituyen la base del sistema. La información, ya sea como texto, imágenes, audio o video, se transforma en secuencias binarias de ceros y unos para facilitar la compresión, la transmisión y el análisis. Aparte de los datos en sí, los metadatos —como la geolocalización de una fotografía o la fecha de creación de un documento— mejoran el contenido al ofrecer contexto, lo cual es esencial para el análisis avanzado y la trazabilidad en sectores como la logística y la sanidad.

En paralelo, Alvarez-Atencio et al. (2022) resaltan que el *hardware* es la estructura física en la que se procesan y almacenan los datos. Los microprocesadores y unidades de memoria modernos, capaces de ejecutar billones de operaciones por segundo, entran en esta categoría. Además, existen servidores en la nube que ofrecen una escalabilidad casi ilimitada, unidades de estado sólido (SSD), memorias *flash* de alta velocidad y unidades de disco duro (HDD). Por último, los dispositivos de entrada y salida sirven de enlace entre el mundo digital y el físico. Algunos ejemplos son los módulos de comunicación inalámbrica, las pantallas táctiles, las cámaras y los sensores biométricos.

A su vez, el cerebro lógico que indica al *hardware* cómo funcionar se denomina *software*. Comprende sistemas operativos que controlan los recursos de los dispositivos y ofrecen una plataforma de aplicaciones, entre los que se incluyen Windows, Linux, Android e iOS. Estos programas incluyen desde editores de texto y navegadores web hasta sofisticadas suites de diseño y herramientas de análisis de datos basadas en la nube. Dispositivos como *routers* e impresoras funcionan de la forma más eficiente y segura posible gracias al *firmware*, un tipo de *software* integrado en el *hardware* (Ortega, 2024).

Por su lado, Díaz et al. (2021) indican que estos componentes están conectados por redes y conectividad, lo que permite que los dispositivos locales y distantes se comuniquen entre sí. El intercambio de datos está estan-

darizado y su integridad está garantizada durante la transmisión mediante protocolos de comunicación como TCP/IP, HTTPS y MQTT. Desde satélites y antenas 5G/6G hasta cables de fibra óptica y routers, la infraestructura de red ofrece la velocidad y la cobertura necesarias para aplicaciones vitales como la telecirugía y las videollamadas en alta definición. La base de este ecosistema es Internet, que es una red de redes.

Los servicios y las plataformas, que traducen las capacidades técnicas en soluciones tangibles para los usuarios y las empresas, se sitúan en la parte superior de estas capas. Uno de los ejemplos más notables es la computación en la nube, que facilita a las empresas ampliar su capacidad de procesamiento y almacenamiento sin necesidad de disponer de su propia infraestructura, utilizando modelos como IaaS, PaaS y SaaS. Las plataformas de *big data* permiten recopilar y analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, lo que ayuda a sectores como la banca, la sanidad y el transporte a tomar decisiones basadas en datos (Espinosa-Cevallos y Jaramillo-Flores, 2024).

El aprendizaje automático y la inteligencia artificial (IA) son igualmente elementos clave de las plataformas digitales. Estos sistemas utilizan el aprendizaje basado en datos para ofrecer experiencias personalizadas, automatizar procedimientos y realizar predicciones. La IA amplía las posibilidades de la tecnología digital más allá de la automatización básica, desde algoritmos de visión artificial que identifican irregularidades en imágenes médicas hasta asistentes virtuales que comprenden el lenguaje natural (Flores-Ramírez et al., 2024).

De igual manera, Delgado et al. (2025) sostienen que la ciberseguridad es otro pilar en expansión que afecta a todos los componentes. En un mundo en el que los riesgos aumentan debido al volumen de información y a la interconexión global, es imprescindible proteger los datos confidenciales, garantizar la autenticación de los usuarios y prevenir los ciberataques. Tecnologías como el cifrado de extremo a extremo, las arquitecturas de confianza cero y la criptografía cuántica representan las últimas defensas contra amenazas cada vez más sofisticadas.

Para Villanueva (2024), la escalabilidad y la interoperabilidad completan la lista de componentes cruciales. Un requisito previo fundamental para ecosistemas como el Internet de las cosas y las ciudades inteligentes es la interoperabilidad, que garantiza que los distintos sistemas, aplicaciones y dispositivos puedan comunicarse entre sí sin problemas. Por el contrario, la escalabilidad permite a las plataformas digitales adaptarse al aumento de la demanda de usuarios o datos sin sacrificar el rendimiento, lo cual es crucial en los servicios de *streaming* globales y los entornos de comercio electrónico.

Por último, la tecnología digital se considera un sistema dinámico y en constante evolución. Los próximos acontecimientos significativos serán la introducción de las redes 6G, la computación cuántica y la inteligencia artificial generativa. Al mejorarse constantemente los datos, el *hardware*, el *software*, las redes y los servicios, se abren nuevas oportunidades en áreas como la sostenibilidad energética, la educación inmersiva y la atención sanitaria de precisión. Estos componentes trabajan juntos para definir cómo la sociedad del siglo XXI produce, difunde y protege el conocimiento, además de formar el marco de la tecnología digital.

1.3. Ámbitos de aplicación de la tecnología digital: importancia del uso

De ser una herramienta de asistencia, la tecnología digital se ha convertido en un componente vital que respalda y transforma los esfuerzos humanos. Sus capacidades de procesamiento, almacenamiento y transmisión de información a alta velocidad han contribuido a la optimización de procesos en todos los ámbitos, desde la economía global hasta la vida cotidiana de las personas. A través de esta integración transversal, los individuos y las organizaciones pueden adaptarse a un mundo cada vez más competitivo e interconectado, en el que el éxito depende en gran medida de la innovación (Gándara, 2024).

También Sanz-Benito y Queralt-Romero (2024) señalan que la digitalización de las empresas es una fuente de productividad sin precedentes. Mientras que las plataformas de gestión de relaciones con los clientes (CRM) proporcio-

nan una visión unificada del cliente, que permite estrategias de *marketing* altamente personalizadas, el comercio electrónico posibilita a las empresas vender bienes y servicios en todo el mundo las 24 horas del día. Al automatizar las tareas repetitivas, la robótica de procesos libera el talento humano para tareas más valiosas. Además, el análisis de *big data* y la inteligencia artificial hace posible obtener información en tiempo real, lo que sirve de base para la toma de decisiones estratégicas, desde la optimización de la cadena de suministro hasta el descubrimiento de nuevos nichos de mercado.

De acuerdo con Suárez (2025), las tecnologías de aprendizaje en línea, o EdTech, han hecho que la formación de alta calidad sea más accesible para un público más amplio en el sector educativo. En ese sentido, gracias a las plataformas de aprendizaje electrónico y las aulas virtuales, que eliminan las barreras geográficas, los estudiantes de países remotos o en desarrollo pueden acceder a programas de primera categoría. Las experiencias de inmersión, como los laboratorios virtuales o las simulaciones médicas, son posibles gracias a las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual, que mejoran la comprensión de conceptos difíciles. De manera similar, los sistemas de aprendizaje adaptativo personalizan el proceso de aprendizaje y aumentan las tasas de retención y éxito académico al modificar el ritmo y el contenido para adecuarse a las necesidades de cada estudiante.

De Almeida (2023) indica que otro campo en rápido crecimiento es la salud digital, o e-salud. Al facilitar las consultas médicas a distancia, la telemedicina reduce las listas de espera y proporciona asistencia sanitaria a zonas remotas. El diagnóstico precoz y el seguimiento continuo de las enfermedades crónicas son posibles gracias a la tecnología *wearable* y a los sensores biométricos, que miden continuamente variables como la frecuencia cardíaca y los niveles de azúcar en sangre. A su vez, el uso de historias clínicas electrónicas reduce los errores y facilita la coordinación entre los proveedores de atención sanitaria, mientras que la inteligencia artificial aplicada al análisis de imágenes médicas mejora la detección de enfermedades como el cáncer.

En esta línea, la tecnología digital es esencial para crear administraciones gubernamentales más eficaces y transparentes. Los procedimientos en línea reducen los tiempos de espera y eliminan la necesidad de desplazarse para realizar trámites como inscribirse en programas sociales, pagar impuestos o solicitar documentos. Cuando se combina con medidas de seguridad de vanguardia, el voto electrónico permite una participación ciudadana más flexible y generalizada. Por su parte, las ciudades inteligentes mejoran la calidad de vida urbana por medio de la gestión del tráfico, la optimización del uso de la energía y la mejora de la recogida de residuos mediante el uso de sensores, el análisis de datos y las redes de comunicación (Báez, 2022).

La digitalización también ha cambiado los servicios bancarios y de inversión en el sector financiero. Mientras que las criptomonedas y las plataformas de finanzas descentralizadas (DeFi) aumentan las opciones de inversión, con las aplicaciones de banca móvil se pueden realizar transacciones seguras y rápidas. Aparte, los algoritmos de calificación crediticia basados en inteligencia artificial agilizan la concesión de préstamos, en tanto que los análisis avanzados permiten a las instituciones identificar el fraude en tiempo real. Al proporcionar servicios bancarios a poblaciones históricamente desatendidas, esta revolución no solo beneficia a los usuarios, sino que también promueve la inclusión financiera (Wong et al., 2024).

Asimismo, la digitalización está marcando el comienzo de una nueva era para el sector manufacturero. Para construir fábricas inteligentes, la Industria 4.0 combina el análisis de datos, la impresión 3D, la robótica avanzada y el Internet de las cosas. Estas “instalaciones” pueden identificar y solucionar problemas por sí mismas, lo que se traduce en ahorro de dinero en mantenimiento y tiempo de inactividad. Gracias a la automatización flexible y la fabricación aditiva, ahora es posible la personalización masiva de productos, algo que antes era imposible (Onofre et al., 2025).

En opinión de Devia (2025), la tecnología digital ha cambiado por completo los medios de comunicación y el entretenimiento. Con su contenido personalizado y bajo demanda, los servicios de *streaming* como Netflix, Spotify

y Twitch han sustituido a los formatos tradicionales. Mientras que la realidad virtual y los videojuegos inmersivos amplían los límites de la narración y la experiencia del usuario, las redes sociales permiten a los creadores y al público de todo el mundo interactuar en tiempo real. A ello se adiciona que la inteligencia artificial es utilizada para pronosticar tendencias culturales y recomendar contenidos (Rodríguez, 2021).

Por su parte, González et al. (2025) sostienen que la tecnología digital es estratégicamente importante para la sostenibilidad y el medio ambiente. Las redes de sensores IoT posibilitan que las políticas de protección medioambiental sean más eficientes al proporcionar un seguimiento en tiempo real de la generación de energía, el consumo de agua y la calidad del aire. Las plataformas para analizar datos climáticos ayudan a tomar decisiones para frenar el calentamiento global, y los sistemas de gestión de redes inteligentes que equilibran la oferta y la demanda son ventajosos para las fuentes de energía renovables.

Por último, los asistentes de voz, las aplicaciones de movilidad, los hogares inteligentes y los dispositivos conectados en red que facilitan las tareas domésticas y aumentan la seguridad son ejemplos de cómo la tecnología digital se refleja en la vida cotidiana. La digitalización proporciona comodidad, ahorro energético y una mejor calidad de vida en todo, desde los sistemas de vigilancia basados en inteligencia artificial hasta el control remoto de los electrodomésticos. Su uso en tareas cotidianas como la mensajería instantánea, la gestión de la salud personal y las compras en línea demuestra que la adopción de la tecnología digital no es una moda pasajera, sino un aspecto necesario de la vida moderna (Loza, 2023).

Cuando se combinan, estos campos muestran que la tecnología digital se comporta mucho más que como una herramienta, dado que es el hilo conductor que une al Gobierno, las empresas, la educación, la salud, la economía y la vida doméstica. En este sentido, su uso generalizado impulsa la competitividad global, fomenta la inclusión social y estimula la innovación. Adoptar y adaptarse a las soluciones digitales es esencial en el siglo XXI, ya que es el medio para crear sociedades sostenibles, organizaciones resilientes y ciudadanos mejor preparados para afrontar los retos del futuro.

1.4. Tipos de tecnología digital: características generales

Las aplicaciones y disciplinas que se engloban en la amplia categoría de la tecnología digital varían considerablemente en cuanto a sus objetivos, métodos de interacción con los datos y grado de respuesta inmediata. Al conocer las diversas formas de tecnología digital, los usuarios, Gobiernos y empresas pueden elegir las mejores opciones para sus necesidades y planificar estratégicamente su adopción. A continuación, se describen los principales tipos de tecnología digital y sus atributos generales desde un punto de vista contemporáneo.

Tecnología de la información

Para Avendaño et al. (2021), la gestión integral de datos y el apoyo a los procesos administrativos y empresariales son los principales objetivos de la tecnología de la información. Su función principal es recopilar, procesar, almacenar y distribuir información de forma eficiente y segura. Así, la computación en la nube, la virtualización de servidores y la automatización de las tareas de mantenimiento mediante inteligencia artificial se convierten en los principales impulsores de las tecnologías de la información. La estabilidad, la ciberseguridad de vanguardia, la infraestructura escalable y la capacidad de procesar grandes cantidades de datos transaccionales en tiempo real —todos ellos aspectos cruciales para procesos como la contabilidad y el comercio electrónico— se encuentran entre los atributos clave de este tipo de tecnología.

Tecnología de la comunicación

Rama (2024) señala que la transmisión de información entre personas, dispositivos y sistemas a través de redes fijas y móviles rápidas es el objetivo principal de la tecnología de las comunicaciones. La tecnología de la comunicación proporciona una conectividad casi instantánea y de gran ancho de banda en la era de las redes 5G y de fibra óptica, lo que permite la telepresencia, el Internet de las cosas y las videoconferencias de ultra alta definición. Su característica más destacable es la interactividad bidireccional, que hace posible aplicar protocolos de seguridad sólidos para proteger los datos mientras están en tránsito y realizar comunicaciones en tiempo real para sectores como la telemedicina, la educación a distancia y el teletrabajo.

Tecnología operacional

En entornos industriales y de infraestructura crítica, la tecnología operativa combina *hardware* y *software* para supervisar y controlar procesos físicos. Las centrales eléctricas, las cadenas de montaje, los sistemas de transporte y los servicios públicos se supervisan mediante sistemas SCADA, controladores lógicos programables (PLC) y redes de sensores del Internet de las cosas. Su característica esencial es su necesidad de funcionar en tiempo real con una alta fiabilidad, incluso en condiciones desfavorables como calor, vibraciones o humedad. Para 2025, las plataformas de análisis basadas en la nube podrán integrar datos industriales para una toma de decisiones más flexible gracias a la convergencia de TI (tecnología de la información) /TO (tecnología operacional) (Alvarado y Llanes-Cedeño, 2022).

Tecnología de consumo

Esta categoría de tecnología digital incluye dispositivos como *wearables*, televisores inteligentes, teléfonos inteligentes, tablets y electrodomésticos conectados, y está orientada al consumidor final. La conectividad constante a Internet, las frecuentes actualizaciones de *software* y las interfaces fáciles de usar son algunas de sus características generales. Hoy en día, la inteligencia artificial integrada en los dispositivos mencionados favorece experiencias más personalizadas, como los asistentes de voz, que pueden controlar hogares inteligentes, o los sistemas de recomendación de contenidos de las plataformas de *streaming* (Cisneros-Álvarez y Heras-Fernández, 2023).

Tecnologías avanzadas y disruptivas

Computación en la nube. De acuerdo con Espinosa-Cevallos y Jaramillo-Flores (2024), uno de los tipos de tecnología digital más adaptables es la computación en la nube. Proporciona almacenamiento, procesamiento y *software* en línea como servicio (IaaS, PaaS y SaaS). Sus características clave son el modelo de pago por uso, la disponibilidad global y la escalabilidad bajo demanda. Con el fin de lograr un equilibrio entre flexibilidad y seguridad, las empresas están implementando cada vez más arquitecturas híbridas y *multi-cloud*. Por otro lado, la computación periférica mejora la nube al acercar el procesamiento de datos al punto de generación.

Tecnología de inteligencia artificial (IA). Según Montero (2023), el objetivo de la IA es crear algoritmos que puedan razonar, aprender y tomar decisiones. Debido a su incorporación en sectores como la fabricación, la sanidad y las finanzas, es una parte crucial de la tecnología digital contemporánea. Se distingue por la aplicación del procesamiento del lenguaje natural, el análisis predictivo y los modelos de aprendizaje profundo. La IA plantea cuestiones éticas en relación con la privacidad y la transparencia en la toma de decisiones automatizada, por lo que requiere infraestructuras de datos sólidas.

Tecnología de cadenas de bloques. *Blockchain* es una tecnología de contabilidad distribuida que garantiza la transparencia y la inmutabilidad de los datos. Su uso se extiende más allá de las criptomonedas para incluir sistemas de identidad digital, trazabilidad de la cadena de suministro y contratos inteligentes. La descentralización, la seguridad criptográfica y el consenso entre los nodos de la red son ejemplos de sus características generales. Para 2025, las redes de prueba de participación (PoS) y las soluciones de *blockchain* de segunda capa habrán aumentado la velocidad de las transacciones y la eficiencia energética (Vázquez et al., 2023).

Tecnología de realidad extendida. La realidad virtual (RV), la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM) se incluyen en la realidad extendida. Su característica clave es la inmersión interactiva, que hace que el usuario pueda sumergirse por completo en entornos simulados o superponer información digital sobre el mundo real. Estas tecnologías se utilizan en el diseño industrial, el entretenimiento, la asistencia sanitaria y la formación profesional. Su uso ha aumentado recientemente gracias a las redes 5G y a los avances en *hardware*, como gafas inteligentes más resistentes y ligeras (Pareja, 2024).

Tecnología de ciberseguridad. En opinión de Saavedra (2023), los sistemas, las redes y los datos están protegidos contra intrusiones y accesos no deseados gracias a este tipo de tecnología digital. Se distingue por la aplicación de criptografía sofisticada, la detección de amenazas impulsada por inteligencia artificial y herramientas automatizadas de respuesta a incidentes. Dado el aumento de amenazas como el *ransomware* y el *phishing*, la ciberseguridad se integra ahora de forma proactiva en todas las etapas del desarrollo de *software* (DevSecOps).

Tecnología de análisis de datos y *big data*. Por último, el procesamiento y la extracción de información valiosa a partir de grandes cantidades de datos es el objetivo principal del análisis de datos. La escalabilidad, la aplicación de algoritmos de minería de datos y la visualización interactiva son algunas de sus características. El análisis predictivo y prescriptivo ayuda a las empresas a prever tendencias, maximizar los recursos y personalizar los servicios a medida que el Internet de las cosas y la inteligencia artificial ganan popularidad (Giró y Sancho, 2022).

En resumen, las diversas formas de tecnología digital crean una red dinámica que cambia la forma de vivir, trabajar e interactuar al fusionar las redes de comunicación, el *software* inteligente y la infraestructura física. Cada categoría ofrece características distintas en términos de seguridad, escalabilidad, interactividad y eficiencia, que van desde la comunicación de alta velocidad y el control en tiempo real en la tecnología operativa hasta la gestión de datos en la tecnología de la información, pasando por innovaciones como la inteligencia artificial, la nube, la cadena de bloques y la realidad extendida. En un panorama digital en rápida evolución, en el que la integración de todas estas tecnologías es esencial para la sostenibilidad y la competitividad en el siglo XXI, la comprensión de estas particularidades posibilita a los Gobiernos, las empresas y los usuarios individuales adoptar soluciones más adecuadas, predecir tendencias y fortalecer su resiliencia.

1.5. Competencias digitales para el uso de herramientas tecnológicas

De acuerdo con Fernández et al. (2021), las competencias digitales se han convertido en un requisito esencial para desenvolverse con éxito en la economía y la vida social del siglo XXI. No se trata de saber manejar un dispositivo o un *software* específico, sino de comprender el ecosistema tecnológico en su conjunto y emplearlo para generar valor, resolver problemas complejos y adaptarse a entornos en constante cambio. Esta visión integral exige una combinación de conocimientos técnicos, pensamiento crítico y actitudes responsables que permitan a las personas interactuar de forma segura, creativa y productiva con las herramientas digitales.

En el ámbito de la información y alfabetización de datos, la habilidad para buscar, filtrar y evaluar la veracidad de los contenidos en línea es cada vez más crítica. La sobrecarga de información y la proliferación de noticias falsas obligan a los usuarios a dominar estrategias avanzadas de búsqueda, como operadores booleanos o análisis de metadatos, para encontrar fuentes confiables. Además, la correcta organización de archivos en la nube o en dispositivos locales, así como la comprensión de formatos de datos abiertos, facilita el acceso eficiente y seguro a la información que se necesita (Córdova et al., 2024).

Con el auge del teletrabajo y los equipos dispersos por todo el mundo, la comunicación y la colaboración digitales se han vuelto más cruciales que nunca. El correo electrónico ya no es suficiente; hay que elegir la plataforma adecuada para cada tarea, como aplicaciones de mensajería cifrada o videoconferencias seguras. Si bien la netiqueta y la gestión consciente de la identidad digital garantizan interacciones profesionales y una reputación *online* positiva, la gestión de proyectos en tiempo real se ve facilitada por herramientas como Slack, Microsoft Teams y Trello (Gonzales y Oseda, 2021).

Como señalan García et al. (2021), la competencia en la creación de contenidos digitales abarca desde la elaboración de textos, imágenes, audio y video de alta calidad hasta la creación de aplicaciones y sitios web sencillos. En este caso, para evitar infracciones legales y promover la reutilización innovadora de contenidos, es necesario respetar los derechos de autor y utilizar licencias abiertas como Creative Commons. En los ámbitos creativo y educativo, resulta especialmente útil la capacidad de combinar y modificar materiales preexistentes para crear nuevos productos digitales.

Es indudable, igualmente, que todas las áreas se ven afectadas por el problema transversal de la seguridad. Para contrarrestarlo, se recurre a procedimientos como el uso de gestores de contraseñas, el cifrado de datos confidenciales y la autenticación multifactorial. En el caso de la privacidad individual, protegerla implica conocer las políticas de datos de cada plataforma y configurar adecuadamente las opciones para compartir. En cuanto al bienestar digital, deben tenerse en cuenta factores como la ergonomía, el tiempo de pantalla y evitar la fatiga tecnológica, pues inciden tanto en la salud física como mental (Fernández et al., 2021).

En los entornos digitales, la resolución de problemas requiere una mentalidad adaptable e imaginativa. La eficiencia de un proyecto puede verse muy afectada por la selección inadecuada de alguna herramienta, ya sea una plataforma de visualización de datos o un *software* de análisis estadístico. Saber cuándo y cómo buscar apoyo especializado, aparte de ser capaz de diagnosticar y solucionar problemas técnicos básicos, son habilidades igualmente importantes que ayudan a evitar interrupciones y pérdidas de productividad (Gonzales y Oseda, 2021).

Para Córdova et al. (2024), la adaptabilidad y el pensamiento crítico se están volviendo cruciales en un entorno en permanente innovación. Los profesionales deben actualizar constantemente sus habilidades y aprender a aprender para poder utilizar tecnologías emergentes como la realidad aumentada, la computación cuántica y la inteligencia artificial. Las certificaciones de competencias digitales, como las basadas en las normas de la Unesco o el marco europeo DigComp 2.2, están siendo reconocidas como instrumentos para mejorar la empleabilidad y validar los conocimientos.

Asimismo, García et al. (2021) indican que el dominio de estas habilidades aumenta la competitividad profesional en el mercado laboral. Las empresas buscan trabajadores que sepan aplicar los principios de la ciberseguridad, automatizar procedimientos con herramientas de bajo código o sin código y analizar datos en tiempo real. Los profesores pueden diseñar entornos de aprendizaje personalizados e interactivos con la ayuda de competencias digitales, y los alumnos pueden aprender a realizar investigaciones independientes y a colaborar con personas de todo el mundo mediante su uso.

A su vez, el acceso equitativo a la formación en estas habilidades es un requisito previo para la inclusión digital desde un punto de vista social. A fin de cerrar la brecha tecnológica, se necesitan programas de alfabetización digital para personas mayores, en situación vulnerable o que viven en zonas rurales. En la misma línea, las políticas públicas que apoyan el desarrollo de habilidades digitales y la infraestructura de conectividad favorecen la participación ciudadana y el ejercicio de los derechos en la era digital (Fernández et al., 2021).

En general, el desarrollo de competencias digitales para el uso de herramientas tecnológicas garantiza una participación informada, segura y ética en la sociedad interconectada, además de aumentar la productividad y la innovación. Para que las personas y las organizaciones prosperen en un mundo en el que la tecnología digital es la fuerza motriz del desarrollo económico, social y cultural, estas competencias deben evolucionar enmarcadas en referencias como DigComp y adaptadas a las necesidades de cada región.

1.6. Buenas prácticas en el entorno digital

En el mundo digital, las buenas prácticas son un conjunto de comportamientos que integran eficiencia, seguridad, respeto y conciencia ética para utilizar la tecnología de manera responsable. Adoptar estas prácticas es fundamental para proteger los datos confidenciales, mantener la reputación personal y profesional, y aprovechar las oportunidades que ofrecen las plataformas y redes en línea, pues hoy vivimos en un mundo en el que la transformación digital afecta al trabajo, la educación, el ocio y las relaciones sociales. A medida que aparecen nuevas herramientas, amenazas y escenarios de uso, estos procedimientos están en constante cambio (Loza, 2023).

Ahora bien, Vera y García-Martínez (2022) sostienen que la gestión estricta de las contraseñas es la primera línea de defensa en materia de seguridad y protección de datos. Cada servicio debe tener una contraseña larga y única con una variedad de caracteres, y que se guarde en gestores especializados como Bitwarden o 1Password. La autenticación de dos factores (2FA), que utiliza claves de seguridad físicas o códigos temporales para añadir una capa adicional de seguridad, debe utilizarse junto con esta medida (YubiKey). Adicionalmente, dado que el *phishing* (correos electrónicos o mensajes fraudulentos que imitan a organizaciones de confianza) es cada vez más sofisticado, es imprescindible confirmar constantemente la fuente de los enlaces o archivos adjuntos. En caso de fallos o ataques de *ransomware*, los datos se pueden restaurar gracias a las copias de seguridad automáticas almacenadas en discos cifrados o en la nube.

En un entorno en el que las comunicaciones escritas son propensas a malentendidos, la netiqueta y la comunicación ética se han vuelto esenciales.

La claridad en el mensaje (que debe plantear un asunto conciso y un formato organizado) maximiza la comunicación, mientras que un tono educado y profesional evita disputas. Respetar la privacidad de terceros es crucial: no se deben compartir imágenes, sonidos o información personal sin permiso. En foros, blogs o redes sociales, citar las fuentes e identificar la autoría del contenido también evita infracciones legales y demuestra integridad intelectual (Vidal-Alaball et al., 2023).

Siguiendo a Loza (2023), las buenas prácticas digitales también contemplan la productividad y el uso eficaz de las herramientas. Se ahorra tiempo y se reduce la posibilidad de perder información cuando los correos electrónicos y los archivos se organizan mediante carpetas, etiquetas y sistemas de búsqueda sofisticados. Es posible evitar la fatiga visual, el estrés y la disminución de la concentración si se establecen periodos de desconexión digital, como la técnica de “desintoxicación digital”. También se garantiza un entorno seguro y eficiente mediante una selección cuidadosa de las aplicaciones —por ejemplo, utilizando gestores de proyectos como Asana en lugar del correo electrónico— y actualizaciones periódicas del *software*.

En el caso particular de cada uno, se necesita una atención constante para gestionar tu identidad y tu huella digital. Cada foto compartida, cada publicación en un foro o en las redes sociales deja un legado duradero que puede afectar tanto tu carrera profesional como tus perspectivas personales. Para limitar quién puede ver tu información en Facebook, Instagram, LinkedIn y otras plataformas, es necesario configurar los ajustes de privacidad. Puedes identificar fugas o perfiles falsos y, si es posible, solicitar su eliminación revisando periódicamente la información que aparece cuando buscas tu nombre en Google (Reyes-Garcia et al., 2022).

Las mejores prácticas en el lugar de trabajo también se aplican a la colaboración remota y al teletrabajo. Si bien las videoconferencias requieren directrices claras, como grabaciones autorizadas, fondos virtuales que protejan la privacidad y cámaras que solo se activen cuando sea necesario, el uso de redes privadas virtuales (VPN) garantiza la seguridad de las conexiones

en las redes wi-fi públicas. Las fugas de información se reducen cuando los documentos se comparten mediante plataformas seguras con acceso restringido. Otro pilar es la formación digital continua, por eso la formación en ciberseguridad, protección de datos y nuevas herramientas es una inversión crucial, ya que las amenazas cibernéticas cambian constantemente. Gracias a los cursos en línea que ofrecen plataformas como Coursera, o las certificaciones de Google o Cisco, el rendimiento profesional mejora y la capacidad de respuesta ante incidentes se refuerza (López, 2024).

Como indican Vidal-Alaball et al. (2023), otro aspecto de las buenas prácticas es el uso responsable de la información. Para evitar la difusión de información falsa, es esencial confirmar la fuente de las noticias y compararlas con fuentes fiables antes de compartirlas. Esta mentalidad crítica aumenta la confianza en el ecosistema digital y ayuda a combatir las noticias falsas. De la misma manera, la promoción de una cultura *online* diversa y respetuosa es fundamental desde el punto de vista social. El discurso de odio, el acoso y la discriminación no deben tolerarse en las interacciones digitales. Se puede lograr una comunidad *online* más segura y compasiva denunciando los comportamientos inapropiados en las plataformas y fomentando entornos inclusivos.

En conclusión, las buenas prácticas en el mundo digital son un enfoque integral para actuar de manera responsable, ética y eficaz en un mundo altamente conectado. Van mucho más allá de las precauciones básicas de seguridad o las normas de etiqueta. Estas prácticas reducen los riesgos personales, profesionales y sociales, y aumentan la confianza en las interacciones en línea al integrar la protección de datos, la gestión cuidadosa de la identidad digital, la comunicación cortés, la productividad y el desarrollo continuo de habilidades. Su adopción promueve un ecosistema tecnológico sostenible, seguro e inclusivo que puede adaptarse a las oportunidades y retos de la actual transformación digital, además de proteger los datos y la reputación.

1.7. Impacto de la tecnología digital en la industria de la construcción

De acuerdo con Sua y Díaz (2024), la tecnología digital está provocando una de las mayores revoluciones en la historia del sector de la construcción. La adopción de herramientas basadas en datos, conectividad y automatización ha pasado de ser una opción a convertirse en un requisito estratégico para garantizar la seguridad, la sostenibilidad y la competitividad de los proyectos. Esta transformación redefine la forma en que se planifican, diseñan y gestionan los recursos a lo largo del ciclo de vida de una infraestructura, lo que también agiliza la finalización de los proyectos.

Por su lado, Prieto (2024) señala que el modelado de información de construcción (BIM), que permite la producción de modelos 3D y paramétricos de edificios y obras civiles, es un ejemplo claro. Al colaborar en una única base de datos actualizada en tiempo real, esta tecnología facilita la coordinación entre contratistas, ingenieros y arquitectos. Al dejar un registro digital completo de cada componente del proyecto, el BIM no solo minimiza los costos y los retrasos al identificar los conflictos de diseño antes de que comience la construcción, sino que también maximiza el mantenimiento de las instalaciones una vez finalizada la construcción.

El BIM se ve mejorado por la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA), que permiten una inmersión completa en el diseño antes de que comience la construcción real. En una simulación en 3D, los clientes y los equipos de construcción pueden “recorrer” el proyecto, detectar cambios en el diseño y tomar decisiones bien informadas de antemano. Esto acelera la validación de las propuestas arquitectónicas, reduce los cambios de última hora y aumenta la satisfacción del cliente. Asimismo, el Internet de las cosas (IoT) se ha vuelto más popular en las obras de construcción. Variables críticas como la temperatura, la humedad, el consumo de combustible y el estado de los equipos se controlan mediante sensores integrados en los materiales y la maquinaria. Los sistemas de mantenimiento predictivo utilizan estos datos para planificar reparaciones y anticipar fallos, garantizar que el curado del hormigón y otros

procesos se produzcan en circunstancias ideales, y mucho más (Huangal, 2025).

Las técnicas tradicionales de topografía también han sido sustituidas por el uso de drones y escáneres 3D. Los drones con sensores LiDAR y cámaras de alta resolución pueden crear mapas detallados del terreno y las obras en pocas horas. Al integrar estas fotos en el modelo BIM, se pueden identificar rápidamente las desviaciones y optimizar la supervisión comparando el progreso previsto con el real. De igual modo, las tareas de alto riesgo o repetitivas están siendo revolucionadas por la automatización y la robótica. Los robots que pueden colocar ladrillos, soldar o imprimir elementos estructurales en 3D aceleran y mejoran la precisión de las tareas durante la construcción, al mismo tiempo que reducen la exposición de los trabajadores a condiciones peligrosas. Además de aumentar la productividad, esto también mejora la seguridad en el lugar de trabajo, lo cual es crucial para la industria (Ramos et al., 2023).

En el ámbito de la gestión, según Huangal (2025), las plataformas en la nube han eliminado las barreras de comunicación entre equipos separados geográficamente. Así, para evitar errores causados por trabajar con versiones desactualizadas, toda la documentación (incluidos los planes, presupuestos y calendarios) se aloja en entornos colaborativos a los que se puede acceder en tiempo real. Esta transparencia mejora la productividad y reduce las disputas entre clientes y contratistas. Otros aliados importantes son la inteligencia artificial (IA) y el *big data*. Este último permite el análisis de grandes cantidades de datos históricos, por lo que es posible prever gastos, localizar cuellos de botella y evaluar riesgos antes de que se hagan evidentes. La IA, por su parte, mejora la seguridad *in situ* al optimizar la programación de tareas, asignar recursos de forma dinámica e identificar patrones de comportamiento que pueden provocar accidentes.

Por consiguiente, la tecnología digital también promueve prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente. Los edificios más ecológicos y resistentes al cambio climático son posibles gracias a las herramientas de simulación energética, los sensores de consumo y los sistemas inteligentes de gestión de residuos, que reducen el impacto medioambiental y cumplen con las normas de eficiencia energética. En definitiva, la influencia de la tecnología di-

gital en la construcción se traduce en una mayor precisión, una reducción de los gastos, un menor desperdicio de materiales y un entorno de trabajo más seguro. Las empresas que utilizan estas soluciones no solo aumentan su productividad, sino que mejoran su posición y competitividad en los mercados internacionales, donde la sostenibilidad, la rapidez y la calidad son fundamentales. La digitalización es la piedra angular del futuro de la construcción, no solo una moda pasajera en un sector históricamente conservador.

CAPÍTULO II

ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

Según Flores (2021), la ingeniería sismorresistente se ha convertido en un pilar esencial para la seguridad de las edificaciones en regiones de gran actividad tectónica como el Perú. Las estructuras sismorresistentes se conciben para soportar movimientos telúricos de diversa magnitud sin colapsar, protegiendo la vida de los ocupantes y minimizando las pérdidas económicas. Este enfoque no persigue la eliminación total del daño, sino que prioriza la integridad estructural y la funcionalidad posterior al sismo, combinando diseño, materiales y tecnología para garantizar un desempeño confiable.

En este contexto, es fundamental comprender las generalidades que rigen este tipo de edificaciones, así como los criterios de diseño que aseguran su comportamiento ante diferentes niveles de demanda sísmica. La regularidad geométrica, la ductilidad, la rigidez lateral y la correcta distribución de cargas se convierten en parámetros críticos. De igual forma, la selección de materiales adecuados —como el hormigón armado confinado y el acero estructural— y la incorporación de sistemas de aislamiento y disipación sísmica reducen la energía que llega a la superestructura, aumentando la capacidad de absorción y disipación de esfuerzos (Álvarez et al., 2022a).

De la misma forma, la evaluación de las estructuras existentes cobra relevancia para diagnosticar vulnerabilidades y definir intervenciones de refuerzo que mejoren el desempeño frente a futuros eventos sísmicos. Este proceso se complementa con un marco legal riguroso: la Norma Técnica E.030 y el Reglamento Nacional de Edificaciones establecen parámetros de zonificación, análisis estructural, requisitos de materiales y detallado sísmico, asegurando que las construcciones nuevas y las reforzadas cumplan estándares internacionales y se adapten a la elevada sismicidad del territorio peruano (Luis y Esteves, 2022).

Finalmente, la búsqueda de resistencia sísmica y seguridad estructural exige una visión integral que combine normativas actualizadas, tecnologías modernas, control de calidad en obra y una filosofía de desempeño basada en la ductilidad. Solo mediante esta integración de conocimientos y prácticas se garantiza que las construcciones protejan las vidas durante un sismo, conserven su operatividad y aporten a la resiliencia urbana y social del país (Franco-Rojas et al., 2022).

2.1. Generalidades de las estructuras sismorresistentes

Para Álvarez et al. (2022a), el diseño de estructuras sismorresistentes es un pilar esencial dentro de la ingeniería moderna debido al incremento de la urbanización en zonas de alta sismicidad. Estas edificaciones no buscan eliminar por completo los daños, dado que se centran en proteger la vida y mantener la estabilidad global frente a terremotos de distinta intensidad. La filosofía de desempeño escalonado permite que el edificio tolere movimientos leves sin deterioro, absorba daños reparables en sismos moderados y, en eventos extremos, conserve su integridad para evitar el colapso total y facilitar la evacuación segura.

Por su parte, Flores (2021) señala que un elemento clave en esta estrategia es la ductilidad, entendida como la capacidad de los materiales y componentes estructurales para deformarse sin perder resistencia. Una estructura dúctil actúa como un disipador de energía, absorbiendo y redistribuyendo las fuerzas sísmicas a través de deformaciones plásticas. Este enfoque contrasta con materiales frágiles que se fracturan de manera repentina. En este sentido, se destaca que los concretos de alta resistencia, aceros especiales con gran alargamiento y un diseño que incorpore zonas de disipación plástica son esenciales para alcanzar un desempeño sismorresistente confiable.

Ibarra (2024) argumenta que la normativa internacional ha evolucionado para incorporar estos conceptos. Códigos como el ASCE 7 en Estados Unidos, el Eurocódigo 8 en Europa y las Normas E.030 en Perú exigen análisis dinámicos que consideren aceleraciones, espectros de respuesta y efectos de interacción suelo-estructura. Estas regulaciones obligan a que las edifica-

ciones sean capaces de disipar energía y posean redundancia estructural, de modo que, si un elemento falla, otros asuman la carga sin comprometer la estabilidad global. La configuración arquitectónica también influye de manera determinante. Edificios con simetría en planta y elevación reducen torsiones indeseadas durante el sismo. En contraste, estructuras con irregularidades como plantas en forma de L, cambios bruscos de rigidez o “pisos blandos” concretan esfuerzos y aumentan la vulnerabilidad. Por ello, la colaboración temprana entre arquitectos e ingenieros resulta crucial para garantizar un diseño que equilibre estética y seguridad sísmica.

En cuanto a materiales, el concreto armado y el acero estructural son los más utilizados debido a su capacidad de absorción de energía y ductilidad. Sin embargo, las tecnologías híbridas y compuestas, como marcos de acero con muros de concreto o sistemas de madera laminada cruzada (CLT) reforzada, están ganando popularidad por su ligereza y comportamiento sísmico favorable. Por ello, la selección del material no solo debe considerar la resistencia, sino también la facilidad de reparación y el impacto ambiental. Al respecto, los sistemas de aislamiento y disipación sísmica representan una de las innovaciones más importantes de las últimas décadas. Así, se sostiene que ciertos dispositivos, como aisladores de base de caucho-plomo, amortiguadores viscosos o disipadores de energía metálicos, reducen drásticamente las aceleraciones que llegan a la superestructura. En este contexto, se resalta que países como Japón y Chile han demostrado que el uso extendido de estos sistemas disminuye las pérdidas económicas y acelera la recuperación después del sismo (Villarreal et al., 2021).

Otro aspecto fundamental es el mantenimiento y la inspección postsismo. Una estructura sismorresistente no termina su ciclo de vida con la construcción; requiere monitoreo continuo mediante sensores de aceleración, análisis de vibraciones y revisiones periódicas. Estas prácticas facilitan la identificación de daños ocultos y aseguran que el edificio conserve su capacidad de resistencia en futuros eventos. Completan el enfoque integral, la formación profesional y la conciencia social. En ese sentido, ingenieros capacitados en análisis no lineal, modelado 3D y métodos de diseño por desempeño, junto con ciudadanos

informados sobre rutas de evacuación y planes de emergencia, potencian la efectividad de las estructuras sismorresistentes. En conjunto, la tecnología, la normativa y la educación contribuyen a que las ciudades avancen hacia un entorno más seguro y resiliente frente a los inevitables movimientos de la Tierra (Marcus et al., 2022).

En síntesis, las estructuras sismorresistentes representan la convergencia de ciencia, ingeniería y planificación urbana para proteger la vida humana ante movimientos telúricos de cualquier magnitud. Su eficacia depende de un diseño que priorice la ductilidad, la disipación de energía y la redundancia estructural, acompañado de una configuración arquitectónica regular, materiales de alto desempeño y tecnologías de aislamiento o amortiguamiento sísmico. No obstante, su verdadero valor se mantiene solo si se complementa con mantenimiento continuo, actualización normativa y formación técnica especializada, factores que en conjunto garantizan que estas edificaciones, además de resistir el impacto inmediato de un sismo, también aseguren la resiliencia y la rápida recuperación de las comunidades que albergan.

2.2. Criterios generales para el diseño de estructuras sismorresistentes

Según Mamani (2024), el diseño sismorresistente moderno integra un conjunto de criterios que buscan contrarrestar un terremoto, controlar el nivel de daño y preservar la seguridad de los ocupantes. Un primer aspecto clave es la configuración estructural adecuada, que privilegia la simetría y la regularidad en planta y elevación. La continuidad de columnas, vigas y muros desde la cimentación hasta la azotea evita concentraciones de esfuerzos, mientras que la alineación entre el centro de masas y el centro de rigidez minimiza la torsión durante un sismo. Las normas actuales (como el ASCE 7-22 o el Eurocódigo 8) recalcan la importancia de eliminar irregularidades como los “pisos blandos” o las variaciones bruscas de rigidez que pueden provocar fallas localizadas.

Nino-Castano et al. (2024) consideran, por su lado, que la resistencia y rigidez suficiente es otro criterio esencial. Las estructuras deben dimensionarse para soportar las fuerzas de diseño establecidas por los códigos sísmi-

cos vigentes, garantizando derivas laterales controladas. Un adecuado control de desplazamientos protege tanto los elementos no estructurales —ventanas, tabiquería, instalaciones— como el confort de los usuarios. En edificaciones altas, la integración de sistemas de arriostramiento y muros de corte contribuye a incrementar la rigidez lateral y a limitar las deformaciones excesivas.

De igual manera, la ductilidad y la capacidad de disipación de energía representan el criterio más determinante. Detalles constructivos como el confinamiento adecuado de columnas, el espaciamiento correcto de estribos y las longitudes de anclaje de refuerzo posibilitan que las estructuras absorban y disipen la energía sísmica sin colapsar. Se promueve el mecanismo de “columna fuerte - viga débil”, que concentra la posible falla en las vigas —zonas más fáciles de reparar—, evitando el colapso de pisos completos. Esta filosofía de diseño de desempeño ha sido ampliamente adoptada en países de alta sismicidad como Japón, Chile y México (Luis y Esteves, 2022).

Para Cisneros et al. (2025), la confiabilidad de la cimentación es igualmente crítica. El estudio geotécnico del terreno determina el tipo de cimentación, que debe actuar como un sistema integral capaz de transmitir las cargas al subsuelo sin asentamientos diferenciales significativos. Conexiones robustas entre zapatas, losas o pilotes aseguran que toda la base se mueva como una sola unidad durante el sismo, reduciendo el riesgo de fallas locales. Ahora bien, respecto a proyectos de mayor envergadura o de vital importancia (hospitales, puentes, centros de datos) se incorporan sistemas de protección sísmica adicionales. El aislamiento en base mediante dispositivos elastoméricos o de péndulo friccional desacopla el movimiento del terreno de la superestructura, reduciendo las aceleraciones internas hasta en un 80 %. Los amortiguadores de energía, ya sean viscosos, de fricción o magnetorreológicos, absorben y disipan parte de la energía sísmica, protegiendo los elementos estructurales primarios y acortando los tiempos de recuperación postsismo.

El uso de materiales de alto desempeño también refuerza estos criterios. Así, se destaca el uso de concretos de alta resistencia y compuestos avanzados como fibras de carbono, los cuales manifiestan mayor ductilidad y reducen el

peso sísmico. La prefabricación y el control de calidad en planta también mejoran la confiabilidad del sistema, minimizando variaciones que puedan comprometer el comportamiento durante un terremoto. Igualmente, la integración de herramientas digitales, como el modelado de información de construcción (BIM) y el análisis dinámico no lineal, permiten simular escenarios con gran precisión, optimizar el diseño estructural y prever el desempeño frente a distintos niveles de amenaza. Estas tecnologías facilitan una respuesta más eficiente durante la fase de diseño y una gestión preventiva a lo largo de la vida útil de la edificación (Flores, 2021).

En conjunto, estos criterios generales configuran una estrategia integral que combina principios de ingeniería estructural, geotécnica, materiales y tecnología avanzada. La correcta aplicación de cada uno, respaldada por normativas actualizadas y supervisión rigurosa en obra, asegura que las estructuras sismorresistentes no solo protejan vidas, sino que también reduzcan costos de reparación, mantengan la funcionalidad tras un evento sísmico y contribuyan a la resiliencia de las comunidades expuestas a riesgos sísmicos crecientes.

2.3. Materiales y sistemas de aislamiento y disipador sísmico para una adecuada construcción sismorresistente

De acuerdo con Rimac y Blas (2024), los materiales empleados en la construcción sismorresistente determinan en gran medida la capacidad de un edificio para disipar energía y evitar el colapso durante un terremoto. El hormigón armado, por su amplia disponibilidad y resistencia a la compresión, es la base de la mayoría de las estructuras. No obstante, el concreto por sí solo es frágil: su ductilidad depende del detallado del acero de refuerzo. En este contexto, estribos y cercos bien distribuidos confinan el concreto, permitiendo que vigas y columnas se deformen de manera plástica sin perder capacidad portante. El uso de concretos de alta resistencia (superiores a 40 MPa) y aditivos que mejoran su trabajabilidad es una práctica cada vez más común en zonas sísmicas.

Ahora bien, Orellana y Pannillo (2025) puntualizan que el acero estructural ofrece una ductilidad inherente que lo convierte en un material clave para marcos y pórticos de gran altura. Su capacidad para deformarse sin romperse

permite que absorba ciclos repetidos de carga y descarga propios de un sismo. Las uniones entre vigas y columnas requieren diseños especiales, como conexiones atornilladas de alta resistencia o soldaduras continuas, para evitar la fatiga y permitir rotaciones controladas. La investigación actual se centra en aceros de grano fino y de baja aleación que mejoran la tenacidad y la resistencia a la corrosión, crucial en ambientes costeros de mucha sismicidad.

Asimismo, la mampostería confinada continúa siendo fundamental en viviendas de baja altura, sobre todo en Latinoamérica y Asia. Este sistema combina muros de ladrillo o bloque con refuerzos verticales y horizontales de hormigón armado que forman un marco perimetral. Este confinamiento evita el pandeo y el colapso de los muros durante movimientos sísmicos intensos. Estudios recientes destacan la importancia de un mortero de alta adherencia y del correcto anclaje de refuerzos verticales para maximizar el desempeño sísmico de este tipo de construcción (Álvarez et al., 2022b).

Más allá de los materiales convencionales, los sistemas de aislamiento sísmico han transformado el enfoque de protección estructural. Estos dispositivos se instalan entre la cimentación y la superestructura para desacoplar el edificio del movimiento del suelo. Los aisladores de neopreno reforzado con plomo (LRB) combinan capas de caucho y acero con un núcleo de plomo que disipa energía, mientras que los aisladores elastoméricos de gran amortiguación (HDR) utilizan caucho especialmente formulado para absorber energía sin necesidad de un núcleo metálico. En ambos casos, el edificio se mueve a una frecuencia más lenta que el suelo, reduciendo de forma drástica las aceleraciones internas (Nino-Castano et al., 2024).

De igual modo, Pino et al. (2025) indican que los disipadores de energía actúan como amortiguadores que absorben las vibraciones sísmicas antes de que dañen los elementos principales. Los viscoelásticos, hechos de polímeros de elevada viscosidad, son eficaces en sismos de distintas magnitudes y transforman la energía en calor. Los disipadores metálicos, diseñados para deformarse plásticamente, “consumen” la energía a través de la fluencia controlada del acero. Los disipadores viscosos, por su parte, utilizan pistones hidráulicos que generan resistencia proporcional a la velocidad del movimiento, ofreciendo una gran capacidad de amortiguación incluso en terremotos de gran duración.

En paralelo, Rodríguez (2025) señala que la combinación de materiales de alta ductilidad con estos sistemas de protección avanzada crea estructuras de desempeño superior. Por ejemplo, hospitales y centros de datos en Japón y Chile integran marcos de acero con aislamiento sísmico y disipadores viscosos para garantizar su operatividad inmediata después de un sismo mayor. Este enfoque híbrido protege vidas, minimiza costos de reparación y asegura la continuidad de servicios críticos. Por otro lado, en la última década se ha avanzado en materiales compuestos como las fibras de carbono (CFRP) y los polímeros reforzados con fibra de vidrio (GFRP), empleados para reforzar estructuras existentes. Estos materiales ligeros y de alta resistencia se aplican como láminas o envoltentes para incrementar la capacidad de carga y la ductilidad de columnas y vigas, ofreciendo una solución eficiente para la rehabilitación sísmica de edificios antiguos.

Por consiguiente, la selección y el correcto detallado de materiales (hormigón armado de gran calidad, acero estructural dúctil, mampostería confinada y sistemas de aislamiento y disipación) conforman la base de la ingeniería sismorresistente moderna. Su integración, junto con un diseño y una supervisión rigurosa, hace posible que las edificaciones no solo resistan los sismos más severos, sino que mantengan su funcionalidad a largo plazo mediante la protección de la vida y de la inversión económica.

2.4. Evaluación de las estructuras sismorresistentes para la mejora del comportamiento estructural

Según Orellana et al. (2025), la evaluación de estructuras sismorresistentes es un procedimiento indispensable para garantizar la seguridad de edificaciones existentes frente a futuros terremotos. Su finalidad es identificar deficiencias en el diseño o en la construcción, cuantificar la capacidad real de la estructura y proponer intervenciones que mejoren su comportamiento sísmico. Este proceso resulta prioritario en edificios construidos antes de la adopción de normas modernas, así como en aquellos que han sufrido daños por sismos previos o que presentan signos de envejecimiento y desgaste de materiales.

Al respecto, Cisneros et al. (2025) plantean que la primera fase es la inspección y recopilación de información para comprender la condición real de la estructura. Se inicia con una revisión documental de planos, memorias de cálculo y reportes de mantenimiento. Posteriormente, se realiza una inspección visual para detectar grietas, corrosión del acero de refuerzo, deformaciones y fallas en elementos no estructurales. Eso sí, en paralelo se realizaron pruebas de campo: ensayos no destructivos con esclerómetros o ultrasonido para estimar la resistencia del concreto, extracción de núcleos para ensayos de compresión, y uso de pachómetros para ubicar y medir el acero de refuerzo. Estos datos proporcionan las propiedades mecánicas reales de los materiales, base fundamental para los análisis posteriores.

La segunda fase corresponde al análisis y modelado estructural, donde se traslada la información obtenida a un modelo matemático tridimensional mediante *software* especializado. Con este modelo se realizan análisis estáticos no lineales (*pushover*), a fin de observar el comportamiento progresivo de la estructura ante cargas laterales e identificar el punto de colapso y los elementos críticos. Además, los análisis dinámicos no lineales (*time-history*) simulan la respuesta de la edificación ante registros de aceleraciones sísmicas reales o sintéticas, y revelan cómo se distribuyen las fuerzas y deformaciones durante un evento sísmico de distinta intensidad (Villarreal et al., 2021).

A partir de estos estudios, se realiza el cálculo de vulnerabilidad comparando la capacidad resistente real de la estructura con las demandas sísmicas establecidas en las normas vigentes. Si la demanda supera la capacidad, se considera que el edificio es vulnerable y se procede a un diagnóstico detallado. Este diagnóstico identifica los puntos débiles, como pisos blandos o columnas con confinamiento insuficiente, y define el nivel de desempeño sísmico esperado: desde mantener la operatividad después de sismos moderados hasta evitar el colapso en terremotos severos.

La fase final es la de propuestas de mejora o *retrofit*, en la que se diseñan intervenciones para aumentar la resistencia y la ductilidad. Entre las técnicas más utilizadas se encuentra el encamisado de columnas, que incrementa su sección y mejora el confinamiento del concreto mediante acero adicional o

materiales compuestos, como fibra de carbono. Otra solución frecuente es la adición de muros de corte, que incrementan la rigidez lateral y reducen las derivas interpiso. Estas medidas buscan que, ante un sismo intenso, la estructura pueda disipar energía de forma controlada y evitar el colapso (Carbajal y Ramón, 2021).

Para Terán-Gilmore et al. (2023), en proyectos de misión crítica —como hospitales o centros de datos— se incorporan sistemas de aislamiento sísmico y disipadores de energía, tecnologías que reducen las fuerzas transmitidas a la superestructura. Los aisladores de base desacoplan el movimiento del suelo, mientras que los disipadores transforman la energía sísmica en calor o deformación controlada. Su implementación depende de factores como el presupuesto, el tipo de edificación y la factibilidad técnica, pero cada vez son más accesibles gracias a avances en materiales y fabricación.

Por su parte, Marcus et al. (2022) determinan que el proceso de evaluación también considera aspectos operacionales y de mantenimiento. La corrosión de armaduras, las filtraciones de agua o las modificaciones no autorizadas en la estructura (como aperturas en muros portantes) pueden debilitar significativamente la capacidad sismorresistente. Por ello, la inspección periódica y el mantenimiento preventivo son parte integral de la estrategia de mitigación del riesgo sísmico, complementando las intervenciones estructurales.

Finalmente, la evaluación de estructuras sismorresistentes es una herramienta clave para la gestión de riesgos urbanos. Permite priorizar inversiones en infraestructura crítica, planificar refuerzos graduales y establecer políticas de rehabilitación en ciudades expuestas a alta sismicidad. Con la integración de tecnologías avanzadas de monitoreo en tiempo real y análisis de datos, los ingenieros pueden tomar decisiones más precisas y rápidas, asegurando que las edificaciones cumplan con los códigos actuales y protejan eficazmente la vida humana y los activos económicos durante los terremotos venideros (Orellana et al., 2025).

En suma, la evaluación de estructuras sismorresistentes se consolida como un proceso estratégico para prolongar la vida útil de las edificaciones y reducir el riesgo de pérdidas humanas y económicas frente a futuros terre-

mentos. Al integrar inspecciones detalladas, análisis numéricos avanzados y propuestas de refuerzo basadas en evidencia, se puede diagnosticar con precisión las vulnerabilidades y diseñar soluciones que incrementen la resistencia, la ductilidad y la capacidad de disipación de energía. Esta práctica, complementada con mantenimiento preventivo y tecnologías de monitoreo en tiempo real, actualiza las edificaciones a las exigencias de los códigos sísmicos modernos, fortalece la resiliencia urbana y garantiza que la infraestructura existente continúe protegiendo a la población y asegurando la continuidad de servicios esenciales ante eventos sísmicos de gran magnitud.

2.5. Normativa peruana para la construcción de estructuras sismorresistentes

Conforme a Rupay et al. (2023a), la legislatura peruana de construcción sismorresistente se fundamenta en la alta vulnerabilidad sísmica del país, situado en el cinturón de fuego del Pacífico, donde la interacción de las placas de Nasca y Sudamericana genera terremotos de gran intensidad. Su objetivo esencial es salvaguardar la vida de los ocupantes, limitar el daño estructural y garantizar la funcionalidad de las edificaciones esenciales después de un sismo severo. Por ello, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) se revisa periódicamente para incorporar avances científicos, tecnológicos y lecciones aprendidas de eventos sísmicos recientes, como el terremoto de Arequipa en 2001 o el de Pisco en 2007, que evidenciaron la necesidad de mayor ductilidad y control de derivar en las construcciones.

Asimismo, Rupay et al. (2023b) sostienen que el eje principal de esta regulación es la Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente. De cumplimiento obligatorio para todas las edificaciones más recientes, refuerza los criterios de desempeño incorporando métodos de análisis más precisos y factores de reducción que consideran la capacidad de disipación de energía de las estructuras. Esta norma exige que las edificaciones resistan el colapso y mantengan su operatividad en niveles sísmicos moderados, alineándose con estándares internacionales como los de la American Concrete Institute (ACI) y la Norma ASCE 7 de Estados Unidos.

Uno de los pilares de la E.030 es la zonificación sísmica, que clasifica el territorio en cuatro zonas de peligro: Zona 4 (muy alta), 3 (alta), 2 (moderada) y 1 (baja). La costa central y sur del país, donde se concentran ciudades como Lima, Arequipa e Ica, se encuentra en Zona 4 y requieren los mayores coeficientes de aceleración sísmica en el cálculo estructural. Esta zonificación se fundamenta en estudios geotécnicos e históricos, y en registros de acelerógrafos que se actualizan constantemente a través del Instituto Geofísico del Perú (IGP), garantizando que los diseños reflejen las amenazas sísmicas más recientes (Ccoyllar, 2023).

En paralelo, Rupay et al. (2024a) puntualizan que la filosofía de diseño de la E.030 prioriza la ductilidad controlada, es decir, la capacidad de una estructura para deformarse plásticamente sin perder resistencia. Asimismo, se emplea el factor de reducción de respuesta (R), que permite disminuir las fuerzas sísmicas de diseño asumiendo que la edificación disipará energía a través de deformaciones inelásticas. Un R mayor implica una mayor ductilidad esperada, pero también demanda un detallado sísmico riguroso, como estribos cerrados y confinamiento adecuado en columnas y vigas. Esta filosofía se complementa con la exigencia de que las vigas fallen antes que las columnas (criterio de “columna fuerte - viga débil”), evitando colapsos progresivos.

La norma también enfatiza en la regularidad estructural en planta y elevación. Edificios con cambios abruptos de rigidez, pisos blandos, voladizos extensos o irregularidades torsionales son penalizados mediante factores de irregularidad I_a (en altura) e I_p (en planta), que incrementan las fuerzas de diseño o requieren sistemas de protección sísmica como aisladores de base o disipadores de energía. Esta exigencia busca minimizar los efectos de torsión y concentración de esfuerzos, responsables de fallas localizadas en numerosos sismos pasados (Rupay et al., 2023a).

En cuanto al análisis estructural, para edificaciones regulares de baja y mediana altura, la E.030 establece el uso del análisis estático equivalente, mientras que para edificios altos, irregulares o de importancia especial, el análisis dinámico modal espectral, que evalúa los diferentes modos de vibración de la estructura. En casos de proyectos de infraestructura crítica, como hospitales o

puentes estratégicos, se permite y recomienda el análisis no lineal tiempo-historia, incorporando registros sísmicos reales para una evaluación más realista del comportamiento estructural (Romero y Almache, 2022).

Finalmente, Rupay et al. (2023b) indican que la norma se articula con otras del RNE, como la E.060: Concreto armado y la E.070: Albañilería, para asegurar que los materiales y el detallado cumplan criterios de resistencia, confinamiento y ductilidad. Se exige, por ejemplo, el uso de acero de alta adherencia y el confinamiento del concreto en zonas críticas de nudos y columnas. Estas disposiciones, junto con la supervisión de profesionales capacitados y la fiscalización municipal, constituyen la base de una cultura constructiva orientada a la resiliencia. En un país de elevada sismicidad como el Perú, la actualización y cumplimiento estricto de estas normas es una obligación legal porque existe la necesidad vital de proteger a la población y las inversiones ante futuros terremotos de gran magnitud.

Tabla 1. *Normas complementarias relevantes*

Norma	Enfoque principal	Relevancia sismorresistente
E.020: Cargas	Define las cargas muertas (peso propio), cargas vivas (uso) y establece la correcta combinación con la carga sísmica.	Asegura que el peso y uso real del edificio se consideren correctamente en el cálculo sísmico.
E.050: Suelos y Cimentaciones	Clasifica el suelo (roca, arena, arcilla) y establece los requisitos para el diseño de cimentaciones.	Fundamental, dado que la respuesta sísmica de un edificio depende directamente del tipo de suelo (efectos de sitio y licuefacción).
E.060: Concreto Armado	Detalla el diseño, la calidad del concreto y el detallado del acero de refuerzo en vigas y columnas.	Establece los requisitos de ductilidad esenciales para que los elementos estructurales no colapsen.
E.001: Generalidades	Establece la obligatoriedad de contar con un Ingeniero Civil Colegiado y Habilitado para firmar los planos estructurales.	Asegura la responsabilidad profesional en el proceso de diseño.

Nota. Tomado de Rupay et al. (2023b)

En definitiva, la normativa peruana para la construcción de estructuras sismorresistentes, encabezada por la Norma Técnica E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, representa un marco técnico robusto que integra la experiencia de eventos sísmicos pasados, avances en ingeniería y estándares internacionales para salvaguardar la vida y la infraestructura. Su enfoque en zonificación sísmica actualizada, diseño basado en ductilidad controlada, regularidad estructural, análisis dinámico avanzado y exigentes criterios de materiales garantiza que las edificaciones resistan el colapso y conserven su funcionalidad tras un sismo severo. Por tanto, cumplir y actualizar de forma permanente estas disposiciones es una obligación legal y, a la vez, un imperativo de seguridad y resiliencia para un país situado en una de las regiones sísmicas más activas del planeta.

2.6. Resistencia sísmica y seguridad estructural en construcciones sismorresistentes

Según Cisneros et al.(2025), la resistencia sísmica constituye un parámetro esencial en el diseño y evaluación de edificaciones, ya que establece la capacidad de una estructura para enfrentar las fuerzas horizontales y verticales generadas por un terremoto. En contextos de alta sismicidad, como el cinturón de fuego del Pacífico, el diseño se centra en asegurar que vigas, columnas, muros de corte y cimentaciones soporten no solo el peso propio y las cargas de uso, sino también las aceleraciones y desplazamientos del suelo durante un evento sísmico. La normativa internacional y nacional, como la Norma Técnica E.030 en Perú, exige calcular las fuerzas de diseño a partir de parámetros locales de zonificación sísmica, historia geológica y uso previsto de la edificación, incorporando factores de importancia y reducción de respuesta para equilibrar seguridad y economía.

No obstante, la resistencia en términos de “fuerza” por sí sola no garantiza la seguridad estructural. El concepto de ductilidad es clave: una estructura dúctil puede deformarse de manera plástica sin perder su capacidad portante, absorbiendo la energía sísmica en lugar de transferirla de forma frágil a los elementos estructurales. Esta capacidad de deformación controlada se logra

mediante detallados de refuerzo (confinamiento en columnas, estribos cerrados, anclajes adecuados) y a través de la elección de materiales que favorezcan el comportamiento inelástico, como el acero estructural o el hormigón armado bien confinado. En este sentido, los estudios recientes en ingeniería sísmica demostraron que los edificios diseñados para altas derivas controladas y disipación de energía sufren menos colapsos catastróficos incluso en sismos de gran magnitud (Rupay et al., 2024b).

El control del mecanismo de falla es otro principio moderno indispensable. Las normas recomiendan diseñar bajo la filosofía de “columna fuerte - viga débil”, que orienta el daño hacia las vigas, zonas más fáciles de reparar, y preserva la integridad de las columnas que soportan la edificación. Este enfoque se complementa con la implementación de sistemas de confinamiento y zonas críticas reforzadas en los nudos estructurales, asegurando que la energía sísmica se disipe en puntos predecibles y evitando fallas por cortante o pandeo. Asimismo, se evalúan las derivas máximas permitidas para garantizar que los elementos no estructurales (muros divisorios, fachadas) no se desprendan, reduciendo así riesgos para los habitantes (Collantes, 2025).

Desde lo expuesto, se sostiene que la resistencia sísmica no se limita a “soportar” un terremoto, pues también gestiona la energía sísmica de manera inteligente, preservando la vida y la funcionalidad básica del edificio. La integración de resistencia, ductilidad y control de la falla, sumada a tecnologías como amortiguadores y aislamiento sísmico, permite que las estructuras modernas no solo cumplan con los requisitos mínimos de seguridad, sino que también proporcionen resiliencia frente a eventos extremos para proteger a las personas y reducir las pérdidas económicas en sociedades altamente urbanizadas y vulnerables a terremotos (Condori y Giron, 2024).

Respecto a la seguridad estructural, Cisneros et al. (2025) sostiene que es un concepto más amplio que define el nivel de confiabilidad de la edificación para cumplir con su propósito de protección. Se articula por medio de una filosofía de desempeño escalonado que establece objetivos claros según la intensidad del evento sísmico.

Tabla 2. *Sistematización de los objetivos según intensidad del sismo*

Nivel de sismo	Objetivo de seguridad estructural	Nivel de daño esperado
Sismos frecuentes (baja intensidad)	Funcionalidad total	Daños mínimos o nulos; la estructura sigue operando con normalidad.
Sismos moderados (ocasionales)	Reparabilidad y ocupación	Daño estructural y no estructural leve a moderado. La estructura debe ser reparable económicamente.
Sismos severos (máximo considerado)	Protección de la vida humana.	Daño estructural grave es aceptable. La estructura debe evitar el colapso y permitir la evacuación segura.

Nota. Tomado de Cisneros et al. (2025)

En este contexto, la regularidad estructural es el primer pilar para garantizar la seguridad sísmica. Edificaciones con plantas y elevaciones simples —sin voladizos extremos, cambios abruptos de rigidez ni “pisos blandos”— distribuyen de forma uniforme las fuerzas laterales durante un terremoto, minimizando efectos de torsión y concentraciones de esfuerzo que pueden provocar fallas prematuras. Las normas modernas, como la E.030 en Perú y el ASCE 7-22 en Estados Unidos, exigen penalizaciones de diseño o análisis dinámico detallado cuando la estructura presenta irregularidades en planta o altura. La experiencia de sismos recientes, como el de Turquía y Siria en 2023, confirma que las configuraciones irregulares, especialmente con grandes aberturas en los primeros niveles, fueron las más susceptibles a colapsar, subrayando la importancia de la geometría regular desde la etapa de concepción arquitectónica (Álvarez et al., 2024).

A su vez, Rupay et al. (2024b) indican que el confinamiento del hormi-gón armado, mediante un detallado preciso del acero de refuerzo, es esencial para mantener la capacidad portante incluso bajo grandes deformaciones. Es-tribos cerrados a espaciamientos reducidos, traslapes bien ejecutados y nudos confinados incrementan la ductilidad y evitan fallas frágiles por cortante. Res-pecto a las investigaciones recientes en Asia y Latinoamérica (2022 a 2024),

se determina que las columnas con estribos densos y confinamiento adicional presentan una resistencia a la degradación de hasta un 40 % superior frente a ciclos sísmicos severos. Esta práctica, junto con el uso de acero de alta ductilidad certificado, hace posible que los elementos se deformen sin pérdida significativa de capacidad, ofreciendo tiempo para la evacuación y reduciendo la probabilidad de colapso total.

Luis y Esteves (2022) plantean, por su parte, que la redundancia y el control de derivas completan las medidas críticas. El diseño de múltiples caminos de carga asegura que, si un elemento falla, la fuerza se redistribuya a otros componentes, evitando una reacción en cadena. Al mismo tiempo, limitar las derivas entre pisos —a menudo a valores máximos del orden de $H/200$ a $H/250$ según códigos internacionales— protege elementos no estructurales como muros, tabiques y fachadas, previniendo desprendimientos que puedan herir a los ocupantes. Además, un control estricto de derivas mitiga el efecto P-Delta, en el que los desplazamientos amplificados generan inestabilidad global. La incorporación de amortiguadores sísmicos y aisladores de base, cada vez más accesibles en proyectos latinoamericanos, contribuye a reducir estas derivas y a garantizar que la estructura conserve su integridad durante sismos de gran magnitud, reforzando así la seguridad integral del edificio.

En síntesis, la resistencia sísmica y la seguridad estructural en construcciones sismorresistentes dependen de un equilibrio entre fuerza, ductilidad y diseño inteligente. No basta con que los elementos soporten grandes cargas: es indispensable que puedan deformarse sin colapsar, disipar energía y dirigir el daño hacia zonas controladas. La regularidad geométrica, el confinamiento adecuado del concreto armado, la redundancia de caminos de carga y el control de derivas trabajan de manera conjunta para garantizar que la estructura se mantenga estable incluso bajo movimientos telúricos severos. Cuando estas estrategias se combinan con un estricto cumplimiento de normas actualizadas, supervisión de calidad en obra y tecnologías modernas de protección sísmica, se logra el objetivo central de toda ingeniería sismorresistente: salvaguardar la vida humana y preservar la funcionalidad esencial del edificio después de un terremoto.

CAPÍTULO III

LA TECNOLOGÍA DIGITAL Y SU INFLUENCIA EN LAS ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES

De acuerdo con Raynal et al. (2024), la creciente exposición de las ciudades a eventos sísmicos ha manifestado la necesidad de combinar el conocimiento tradicional de la sismología y la ingeniería estructural con los avances más recientes de la tecnología digital. En este contexto, la comprensión de la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico se convierte en el punto de partida esencial para evaluar la amenaza y planificar soluciones más seguras. De esa forma, la tecnología digital permite cuantificar con mayor precisión estos factores y aporta herramientas que facilitan la toma de decisiones basadas en datos confiables, mejorando la resiliencia urbana frente a futuros sismos.

Dentro de este marco, los tipos de tecnología digital aplicados al diseño sismorresistente han revolucionado las prácticas constructivas. El diseño asistido por computadora (CAD) ha permitido un nivel de precisión geométrica inalcanzable en los procesos manuales, mientras que el modelado de información de construcción (BIM) ha introducido una dimensión colaborativa y paramétrica que integra todas las disciplinas en un único modelo digital. Por su parte, la simulación y el análisis estructural (CAE) hacen posible someter virtualmente una edificación a escenarios sísmicos extremos, anticipando su respuesta y optimizando su desempeño antes de ser construida (Naji, 2024).

Para De Alba et al. (2024), la aplicación de estas tecnologías transforma el diseño y mejora la calidad en la construcción. De igual modo, herramientas como los drones, el escaneo láser 3D o los sensores IoT posibilitan tener un control riguroso de la obra, verificando que los materiales, la geometría y los procesos cumplan con lo especificado en el modelo digital. Así, se pasa de un control correctivo a uno preventivo, asegurando que cada etapa de la edificación responda a los estándares sismorresistentes y reduciendo al mínimo los errores humanos.

Finalmente, Forero (2023) señala que la integración de la tecnología digital en la construcción sismorresistente abre un abanico de desafíos y oportunidades. Entre los primeros destacan la resistencia cultural al cambio, los altos costos de implementación y la falta de estandarización de datos; mientras que entre las oportunidades sobresalen la optimización de la ductilidad, la trazabilidad completa de los procesos y el mantenimiento predictivo a través del monitoreo estructural en tiempo real. En conjunto, estos elementos muestran el futuro de la seguridad en la capacidad de la industria para aprovechar al máximo el potencial transformador de la digitalización.

3.1. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo sísmico

Sobre estos aspectos, Collantes (2025) plantea que la gestión del riesgo sísmico constituye una de las áreas más críticas de la ingeniería y la planificación urbana en países ubicados en el cinturón de fuego del Pacífico, como el Perú, Chile o México. La comprensión de cómo interactúan la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo permite diseñar estrategias de mitigación que salvan vidas y reducen pérdidas económicas. La idea central es que, aunque no se puede evitar la ocurrencia de los sismos, sí es posible reducir su impacto mediante políticas urbanas responsables, códigos de construcción modernos y educación comunitaria.

Por su lado, Amaro-Mellado et al. (2022) puntualizan que la peligrosidad sísmica se refiere a la probabilidad de que un sismo de determinada magnitud e intensidad ocurra en un lugar y tiempo específicos. Este componente está ligado a factores naturales como la actividad de fallas tectónicas, la magnitud máxima esperada y los efectos locales del suelo. Por ejemplo, un terreno arenoso o arcilloso puede amplificar las ondas sísmicas, generando daños mucho mayores que en una zona rocosa. En la actualidad, los mapas de peligrosidad sísmica elaborados con datos sismológicos, geotécnicos y de modelos probabilísticos constituyen la base para la zonificación urbana y la elaboración de normas de diseño estructural.

En cambio, la vulnerabilidad sísmica depende directamente de las características de las construcciones y de los sistemas sociales y económicos expuestos. Es la susceptibilidad de sufrir daños ante la acción de un sismo. En este

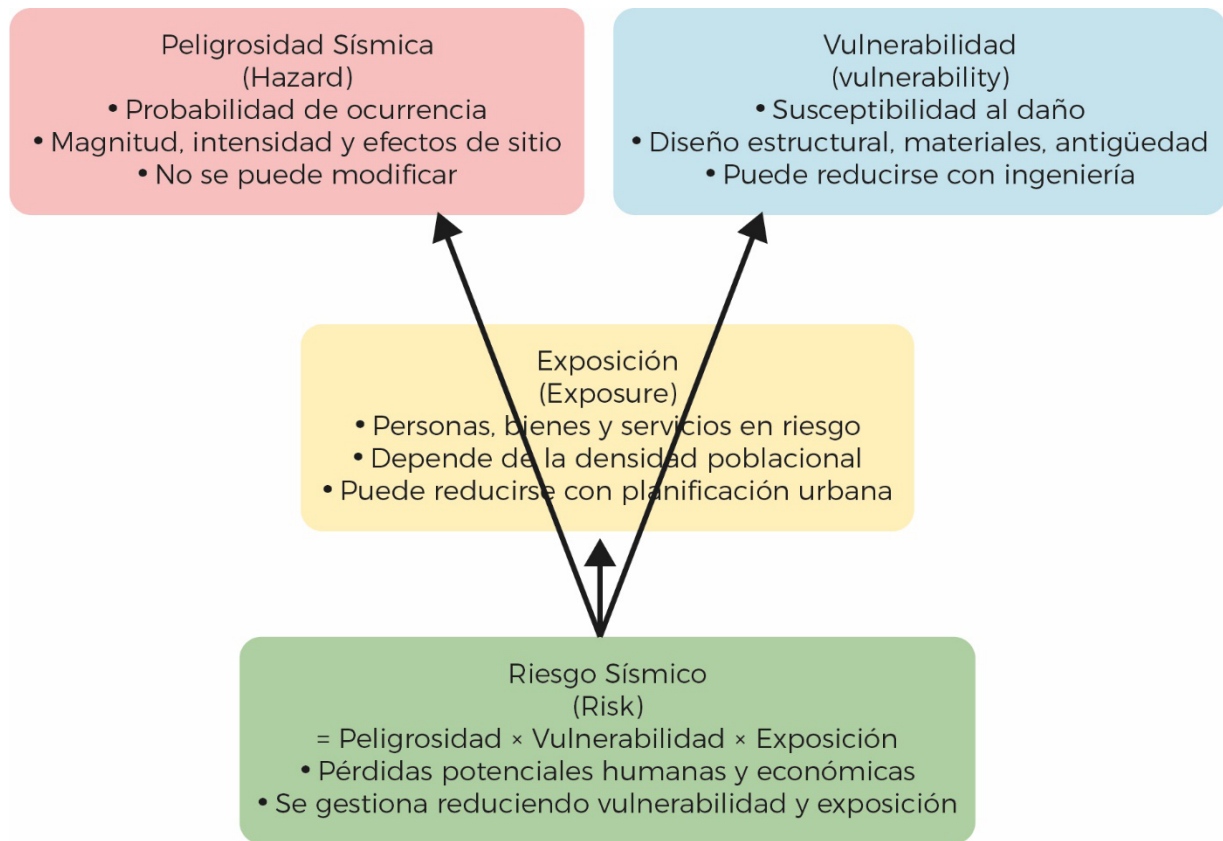
sentido, las edificaciones antiguas construidas sin criterios sismorresistentes, el uso de materiales de baja calidad o configuraciones estructurales irregulares aumentan la vulnerabilidad. No obstante, este componente sí puede reducirse con intervenciones como el reforzamiento estructural (retrofit), la construcción con materiales adecuados y el cumplimiento estricto de códigos sísmicos modernos como la Norma Técnica E.030 en el Perú (Romero, 2024).

Asimismo, la edad de las construcciones y la falta de mantenimiento también elevan la vulnerabilidad. Muchas ciudades latinoamericanas presentan centros históricos con edificaciones patrimoniales que no cumplen los criterios sismorresistentes modernos, lo que representa un reto adicional. En estos casos, la ingeniería debe buscar un equilibrio entre la preservación del valor cultural y la seguridad estructural, empleando técnicas innovadoras de reforzamiento con materiales como la fibra de carbono o los polímeros reforzados (Gaia-Amorós y Fabián-Heredia, 2025).

En cuanto al riesgo sísmico, Fernandez-Romero y Aparicio (2025) sostienen que se define como la probabilidad de pérdidas humanas, económicas o sociales a raíz de la ocurrencia de un sismo, y se conceptualiza como la interacción entre peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. Si bien la peligrosidad no puede controlarse, el riesgo sí puede gestionarse reduciendo la vulnerabilidad de las estructuras y controlando la exposición de la población en zonas de alto peligro, como áreas con riesgo de licuefacción o deslizamientos. En este sentido, la planificación urbana tiene un papel determinante al establecer restricciones de uso del suelo y al promover reubicaciones en los sectores de muy alta peligrosidad.

De igual modo, Ospina y Puerta (2021) indican que la exposición es el tercer factor que incide directamente en el nivel de riesgo. No es lo mismo un sismo de gran magnitud que afecta una zona deshabitada que otro de menor magnitud en una ciudad densamente poblada. Las megaciudades en zonas sísmicas, como Lima, Ciudad de México o Estambul, concentran millones de personas y activos económicos, lo que multiplica el riesgo. Por consiguiente, se sostiene que la reducción de la exposición implica decisiones políticas y sociales, como reubicar asentamientos ubicados en zonas de alto riesgo, descentralizar servicios estratégicos y planificar un crecimiento urbano seguro.

Figura 1. Gestión del riesgo sísmico



Nota. Tomado de Ospina y Puerta (2021)

Ahora bien, la gestión integral del riesgo sísmico exige herramientas modernas de modelado y simulación. En la actualidad se emplean análisis probabilísticos y escenarios sísmicos que integran bases de datos sísmicas, geotécnicas y de inventarios de edificaciones para estimar daños esperados en vidas y pérdidas económicas. Estos modelos son esenciales para planes de contingencia, seguros paramétricos y estrategias de resiliencia urbana. Por tanto, el riesgo sísmico es la resultante de la interacción entre la amenaza natural y las condiciones humanas y estructurales. Mientras la peligrosidad permanece fuera de control, la vulnerabilidad y la exposición son variables modificables mediante diseño sismorresistente, reforzamiento de edificaciones existentes y políticas urbanas adecuadas. La clave para avanzar hacia ciudades resilientes está en asumir que los sismos son inevitables, pero que el desastre no lo es: con planificación, ingeniería y gestión se pueden salvar vidas y proteger sociedades.

3.2. Tipos de tecnología digital aplicada en el diseño de estructuras sismorresistentes

Conforme a De Alba et al. (2024), la tecnología digital se ha convertido en un pilar fundamental de la ingeniería estructural contemporánea, revolucionando la forma en que se conciben y materializan los diseños sismorresistentes. En la actualidad, el uso de herramientas como el diseño asistido por computadora (CAD), el modelado de información de construcción (BIM) y la simulación avanzada mediante análisis estructural (CAE) permite pasar de procesos manuales a modelos predictivos, y garantiza un nivel de precisión y eficiencia sin precedentes. Estas tecnologías facilitan la evaluación detallada del comportamiento dinámico de las edificaciones frente a diferentes escenarios sísmicos integrando datos geotécnicos, parámetros normativos y características de los materiales en entornos colaborativos en tiempo real. Gracias a esta digitalización, la ingeniería estructural no solo logra optimizar la seguridad y la resiliencia de las construcciones, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir errores, costos y tiempos de ejecución, alineándose con la necesidad de ciudades más seguras e inteligentes en regiones de alta sismicidad.

3.2.1. Diseño asistido por computadora (CAD)

Según Bustos y Sosa (2021), el diseño asistido por computadora (CAD) constituye la base de la digitalización en la ingeniería estructural y en el diseño de edificaciones sismorresistentes, ya que permite la elaboración de modelos precisos y versátiles que reemplazan los antiguos métodos manuales. A través de este sistema, los ingenieros y arquitectos pueden crear planos en 2D y modelos tridimensionales (3D) de alta precisión, integrando plantas, cortes, secciones y detalles constructivos de refuerzo. Esta precisión geométrica garantiza que los elementos estructurales respondan a los criterios normativos de seguridad sísmica, a la vez que facilita la comunicación entre los diferentes actores del proyecto reduciendo errores en la interpretación de los planos y mejorando la eficiencia en la etapa constructiva.

Una de las mayores ventajas del CAD en el contexto sismorresistente es la capacidad de representar de manera detallada el armado de acero en columnas, vigas y muros, con énfasis en los elementos críticos de confinamiento y ductilidad. La correcta representación de estribos, anclajes y traslapes resulta fundamental para que la estructura soporte deformaciones plásticas sin colapsar frente a movimientos sísmicos intensos. Así, el CAD actúa como un puente entre el diseño conceptual y la ejecución práctica, asegurando que las disposiciones sísmicas se traduzcan de manera fiel en la obra (Er Akan et al., 2023).

Para Kuncoro et al. (2023), otro aporte fundamental del CAD es la posibilidad de simular diferentes alternativas de diseño estructural en las primeras etapas del proyecto, generando variantes que hacen posible comparar configuraciones estructurales más o menos regulares, evaluando cuál distribuye mejor las fuerzas sísmicas. Por medio de esta capacidad, el proceso de diseño se vuelve más flexible y adaptativo, lo que se traduce en proyectos optimizados no solo en términos de resistencia, pues también se percibe desde la noción de costos y tiempos de ejecución. Además, la facilidad de modificación es otro factor decisivo en proyectos sismorresistentes, dado que durante el proceso de diseño suelen surgir ajustes normativos, geotécnicos o de coordinación con otras especialidades como instalaciones eléctricas o sanitarias.

En este contexto, Verma et al. (2023) señalan que con el CAD se pueden realizar estos cambios de forma rápida y automática, actualizando todas las vistas y planos relacionados, lo que reduce drásticamente la posibilidad de errores de coordinación que, en un escenario sísmico, podrían convertirse en vulnerabilidades críticas. Asimismo, el CAD facilita el control de calidad en el diseño, pues las plataformas modernas permiten integrar librerías de componentes normalizados y plantillas basadas en los códigos sísmicos vigentes, como la Norma Técnica E.030 en Perú o el ACI 318 en el contexto internacional. Esto asegura que los diseños respeten los parámetros de resistencia, rigidez y ductilidad exigidos, elevando el estándar de seguridad estructural.

En el ámbito de la interoperabilidad, los archivos generados en CAD son compatibles con otras plataformas digitales avanzadas, como el modelado de

información de construcción (BIM) o los programas de simulación estructural. Esta integración tecnológica posibilita que el diseño detallado en CAD sea utilizado directamente en modelos tridimensionales colaborativos o en análisis dinámicos, lo que ahorra tiempo y, al mismo tiempo, potencia la precisión en la evaluación del desempeño sísmico. Otro aspecto clave es la contribución del CAD a la capacitación y formación profesional. Las universidades y centros de investigación emplean cada vez más estas plataformas digitales para enseñar principios de diseño estructural y sismorresistente, lo que favorece la familiarización de los futuros ingenieros con las herramientas que utilizarán en su ejercicio profesional. De esta manera, la tecnología transforma la práctica actual y asegura la formación de especialistas capaces de afrontar los desafíos sísmicos del futuro (Zhou et al., 2022).

Finalmente, el CAD se ha consolidado como una herramienta esencial para la representación gráfica y para la gestión del ciclo de vida de una estructura. Al permitir un diseño detallado, flexible y normativamente seguro, contribuye a la construcción de edificaciones más resilientes frente a terremotos. En este sentido, el uso del CAD no se limita a la etapa inicial del diseño, pues se convierte en un recurso transversal que acompaña la planificación, construcción y hasta el mantenimiento de las infraestructuras sismorresistentes (Bustos y Sosa, 2021).

En conclusión, el CAD se ha convertido en un pilar indispensable para la ingeniería estructural sismorresistente al ofrecer precisión, flexibilidad y capacidad de integración con otras herramientas digitales avanzadas. Su aporte sobrepasa la elaboración de planos y modelos detallados, por cuanto garantiza la correcta aplicación de criterios normativos, optimiza la coordinación interdisciplinaria y facilita modificaciones rápidas que fortalecen la seguridad sísmica de las edificaciones. Al permitir diseños más confiables, eficientes y adaptados a los desafíos actuales, el CAD transforma el proceso constructivo y asegura un estándar superior de resiliencia frente a los terremotos.

3.2.2. *Modelado de información de construcción (BIM)*

El modelado de información de construcción (BIM) representa una de las transformaciones más profundas en la ingeniería estructural contemporánea, debido a que integra en un único modelo digital la geometría de la edificación y sus atributos físicos, funcionales y operativos. A diferencia del CAD, que se centra en la representación gráfica, el BIM crea una base de datos tridimensional paramétrica con la que se puede simular el ciclo de vida completo de la estructura, desde el diseño conceptual hasta la operación y el mantenimiento. Esta capacidad integral lo convierte en una herramienta esencial para el diseño sismorresistente, donde la precisión y la coordinación multidisciplinaria son vitales (Moon y Bhadke, 2025).

Uno de los aportes más relevantes del BIM en el ámbito sismorresistente es la detección automática de conflictos o *clash detection*. Gracias a su capacidad de integrar sistemas estructurales, eléctricos, hidráulicos y mecánicos en un mismo entorno digital, el *software* identifica incompatibilidades antes de la construcción, reduciendo significativamente errores de obra que podrían afectar la resistencia sísmica del edificio. Este control anticipado minimiza la posibilidad de fallas por improvisación en campo, donde una mala ejecución puede incrementar la vulnerabilidad estructural frente a un sismo (Cheng et al., 2024).

Además, Mahamood y Fathi (2022) puntualizan que el BIM fomenta un nivel de colaboración sin precedentes entre equipos de trabajo. En este contexto, ingenieros, arquitectos, proyectistas e instaladores trabajan sobre un modelo centralizado en tiempo real, asegurando que las decisiones adoptadas en un área no comprometan el desempeño sísmico del proyecto. Esta visión integral es fundamental en países altamente sísmicos como Perú, Chile o Japón, donde la interacción entre diferentes disciplinas debe alinearse con normas estrictas de seguridad estructural. Otro beneficio sustancial del BIM es la cuantificación precisa de materiales. Al permitir cálculos métricos exactos de acero de refuerzo, concreto y elementos no estructurales, el modelo contribuye al control de costos y al aseguramiento de la calidad en obra. Una estimación precisa reduce la tentación de emplear materiales de menor calidad o de improvisar en el campo, lo cual es crucial en zonas de alta peligrosidad sísmica.

En paralelo, Moon y Bhadke (2025) determinan que el BIM también posibilita análisis energéticos, simulaciones ambientales y evaluaciones de sostenibilidad que, si bien no son directamente parte del diseño sismorresistente, contribuyen a edificaciones más seguras y resilientes. Por ejemplo, puede simular cómo variaciones en el peso de los materiales impactan en el centro de masas del edificio, un factor crítico en la respuesta sísmica de estructuras irregulares. También su aplicación en fases posteriores al diseño, como la construcción y operación, garantiza una trazabilidad completa. Cada modificación queda registrada en el modelo, permitiendo auditorías técnicas y ajustes futuros en caso de refuerzos sísmicos o mantenimiento. Esto convierte al BIM en una herramienta viva que acompaña el ciclo de vida del edificio, garantizando que las estrategias de seguridad estructural se mantengan actualizadas.

Otra ventaja significativa es su integración con *softwares* de simulación estructural avanzada. El modelo BIM puede exportarse a programas de análisis sísmico, como ETABS o SAP2000, para ejecutar análisis dinámicos no lineales y *pushover*. Esto optimiza la evaluación de la ductilidad y la predicción de los mecanismos de falla, asegurando un diseño que cumpla con los más altos estándares internacionales. En suma, el BIM ha dejado de ser una herramienta de diseño arquitectónico para convertirse en un sistema integral de gestión del conocimiento en ingeniería estructural. Su capacidad de centralizar información, anticipar errores y coordinar equipos lo sitúa como un aliado clave en la construcción de edificaciones sismorresistentes, promoviendo la eficiencia, el ahorro, la resiliencia y la seguridad frente a desastres sísmicos (Çıtıptıoğlu y Balkaya, 2025).

En cuanto al modelado de información de construcción (BIM), se constituye en la actualidad como una herramienta estratégica para la ingeniería sismorresistente al integrar en un solo modelo digital todos los aspectos geométricos, materiales y funcionales de una edificación. Su capacidad para anticipar conflictos, optimizar la colaboración interdisciplinaria, garantizar precisión en la cuantificación de materiales y facilitar la conexión con *softwares* de simulación sísmica avanzada lo convierte en un recurso indispensable para asegurar la resiliencia estructural. Más allá de un método de diseño, el BIM representa

una plataforma integral de gestión del ciclo de vida de la construcción que contribuye a edificaciones más seguras, eficientes y preparadas frente a los retos de los movimientos sísmicos.

3.2.3. Simulación y análisis estructural (CAE)

La simulación y el análisis estructural mediante herramientas de Computer-Aided Engineering (CAE) representan un pilar fundamental en la ingeniería sismorresistente moderna, toda vez que hacen posible prever con gran precisión cómo se comportará una edificación frente a distintos escenarios sísmicos. A diferencia del diseño tradicional, que dependía de cálculos manuales simplificados, los *softwares* de análisis avanzados, como ETABS, SAP2000, ANSYS o ABAQUS, facilitan la aplicación de modelos complejos que incorporan propiedades reales de los materiales, geometrías irregulares y condiciones de frontera específicas. Esto proporciona una visión mucho más realista del desempeño estructural antes de iniciar la construcción, reduciendo significativamente la incertidumbre y aumentando la seguridad de los proyectos (Suswanto et al., 2025).

En paralelo, Patel et al. (2024) señalan que el análisis dinámico espectral se posiciona como uno de los mayores aportes del CAE, cuya evaluación se basa en cómo vibra la estructura en diferentes modos y frecuencias, identificando las zonas de mayor demanda. Este procedimiento, obligatorio en normativas modernas como la Norma Técnica E.030 en Perú o el ASCE 7 en Estados Unidos, asegura que los edificios estén mejor diseñados para soportar tanto sismos moderados como eventos extremos, garantizando que las derivas interpisos y los desplazamientos globales se mantengan dentro de límites aceptables.

Por su lado, Altiok et al. (2025) postulan que aun más avanzado es el análisis dinámico no lineal en historial de tiempo, que somete el modelo estructural a registros sísmicos reales o artificiales, simulando la respuesta de la edificación en cada segundo del movimiento. Gracias a esta técnica, utilizada en proyectos de gran envergadura como hospitales, puentes y rascacielos, se puede evaluar la capacidad de disipación de energía, la aparición de daños progresivos y la localización de posibles fallas, constituyendo una herramien-

ta clave para el estudio de estructuras críticas donde no se admite incertidumbre en el desempeño.

Por otro lado, el análisis *pushover*, también conocido como análisis estático no lineal, resulta indispensable para estimar la capacidad última de la estructura y determinar el mecanismo de colapso. Con este método, los ingenieros pueden identificar si el edificio desarrollará un comportamiento dúctil, con formación de rótulas plásticas en las vigas antes que en las columnas (mecanismo seguro), o un mecanismo frágil, que comprometería la estabilidad global. Esta información es esencial para planificar reforzamiento y asegurar que la estructura no falle de forma repentina durante un evento extremo (Sai y Kalyana, 2021).

De igual modo, el CAE también permite explorar distintos sistemas estructurales y de protección sísmica, como marcos rígidos, muros de corte, sistemas duales o aislamiento de base. Mediante las simulaciones, es posible comparar alternativas en términos de seguridad, rigidez, costo y facilidad constructiva, lo que se traduce en un diseño optimizado que balancea la eficiencia económica con la protección de vidas humanas. Este enfoque es especialmente relevante en países en desarrollo, donde los recursos son limitados, pero la exposición sísmica es alta (Dalli y Soylik, 2022).

Además, la integración del CAE con plataformas BIM está revolucionando el diseño sismorresistente. Esta interoperabilidad permite que los modelos digitales pasen directamente del diseño geométrico y de materiales a la simulación estructural, mitigando errores, acelerando la toma de decisiones y facilitando un enfoque colaborativo en el que ingenieros, arquitectos y constructores pueden evaluar simultáneamente el impacto de las decisiones de diseño en el desempeño sísmico. Otro aspecto clave es la capacidad del CAE para realizar análisis probabilísticos de riesgo sísmico, que no solo consideran un escenario único de sismo, sino múltiples eventos posibles con diferentes probabilidades de ocurrencia. Esto se traduce en evaluaciones más robustas donde se cuantifican las fuerzas sísmicas esperadas, las pérdidas económicas potenciales y la confiabilidad del diseño. Estos estudios, impulsados por metodologías como el performance-based seismic design (PBSD), están ganando

do relevancia en infraestructuras críticas y en proyectos de inversión de gran escala (Patel et al., 2024).

En síntesis, el uso de la simulación y el análisis estructural en el marco del CAE no solo eleva el estándar de seguridad de las construcciones, también fomenta un diseño más eficiente, resiliente y sostenible. Al permitir anticipar el desempeño sísmico con un nivel de detalle sin precedentes, estas herramientas digitales están transformando la forma en que se concibe y materializa la ingeniería estructural, consolidándose como un recurso indispensable en la mitigación del riesgo sísmico a nivel global.

3.3. Mejora de la calidad en la construcción mediante el uso de tecnologías digitales

Para Naji et al. (2024), la mejoría de la calidad ha revolucionado la manera en que se conciben, diseñan y ejecutan los proyectos, pasando de procesos reactivos a sistemas predictivos y preventivos. Por medio de estas herramientas, es posible anticipar errores antes de que ocurran, garantizar la trazabilidad en cada etapa del ciclo de vida del proyecto y asegurar que las construcciones cumplan con los estándares más exigentes de seguridad estructural y sostenibilidad.

En la fase de diseño y planificación, el impacto de herramientas como el BIM es determinante, pues permite integrar en un solo modelo digital la geometría, las especificaciones de materiales y los sistemas complementarios. Esta integración, acompañada de la detección de colisiones, evita que los errores de coordinación lleguen a la obra, reduciendo drásticamente costos y tiempos (Kuncoro et al., 2023). Complementariamente, los *softwares* de análisis estructural (CAE) simulan escenarios sísmicos extremos, validando el desempeño del edificio bajo diferentes cargas y asegurando que cumpla con normativas como la Norma Técnica E.030 en Perú.

En la ejecución de la obra, tecnologías como los drones y el escaneo láser 3D garantizan que la construcción se ejecute con la precisión prevista en los planos. Estos sistemas generan nubes de puntos que pueden superponerse al modelo BIM, detectando desviaciones milimétricas en elementos críticos como

columnas, vigas o losas. De la misma manera, el Internet de las cosas (IoT) juega un rol central al monitorear en tiempo real parámetros de los materiales, como el curado del concreto, asegurando con ello que alcancen la resistencia especificada para soportar cargas sísmicas (Kanbara et al., 2025).

Paralelamente, la gestión de calidad también ha sido fortalecida con el uso de plataformas en la nube, que aseguran que todos los actores trabajen siempre sobre documentos actualizados, evitando errores de comunicación y descoordinaciones frecuentes en proyectos de gran escala. A esto se suma la introducción de blockchain y aplicaciones móviles de supervisión, que permiten documentar digitalmente inspecciones con fotos, firmas digitales y geolocalización, creando un registro inmutable que eleva la transparencia y la trazabilidad del proceso constructivo. Otro aspecto clave es la optimización de la trazabilidad de los materiales, donde tecnologías de etiquetado digital (RFID y códigos QR) permiten verificar la procedencia y calidad de los insumos utilizados en obra. Esta práctica asegura que cada lote de acero o concreto esté certificado y cumpla con los requisitos técnicos de los códigos de diseño sismorresistente, reduciendo la posibilidad de fallos por materiales defectuosos (Sancar y Cavus, 2023).

Al respecto, Naji et al. (2024) puntualizan que, en el campo de la planificación logística, las tecnologías digitales hacen posible coordinar la llegada y almacenamiento de materiales de manera eficiente, evitando retrasos y desperdicios. Los algoritmos de optimización, integrados con BIM, pueden prever cuellos de botella en la cadena de suministro y proponer alternativas para garantizar la continuidad del proyecto sin comprometer la calidad final. A la vez, con la implementación de gemelos digitales (DT) en obras de gran escala, se puede replicar el edificio en un entorno virtual donde se monitorean en tiempo real las condiciones estructurales, ambientales y de operación. Esta herramienta mejora la calidad de la construcción y contribuye a prever problemas de mantenimiento futuro, convirtiéndose en una estrategia clave para edificaciones críticas como hospitales o puentes.

En conclusión, las tecnologías digitales han cambiado el paradigma de la calidad en la construcción de una verificación correctiva a un aseguramiento

preventivo. Al integrar herramientas como BIM, CAE, IoT, *blockchain* y gemelos digitales, se logra un proceso constructivo mucho más preciso, eficiente y seguro. Este procedimiento garantiza edificaciones más resilientes ante sismos y desastres naturales, al mismo tiempo que proporciona infraestructuras sostenibles y de mayor durabilidad alineadas con los desafíos de la ingeniería del siglo actual.

3.4. Desafíos y oportunidades actuales de la tecnología digital en la construcción sismorresistente

De acuerdo con Kuncoro et al. (2023), la integración de la tecnología digital en la construcción sismorresistente constituye un punto de inflexión para la ingeniería civil moderna, pues combina el conocimiento tradicional de la sismología y la geología con herramientas como el BIM, IoT y la inteligencia artificial. No obstante, este proceso no está exento de barreras que dificultan su implementación masiva, sobre todo en países en desarrollo donde la cultura constructiva y los recursos económicos aún se apoyan en prácticas convencionales. Incluso así, los beneficios que ofrecen estas tecnologías en términos de seguridad, precisión y eficiencia justifican la inversión y los esfuerzos de capacitación.

Uno de los desafíos más críticos es la alta curva de aprendizaje que implican estas herramientas. El paso de planos bidimensionales en CAD a entornos tridimensionales y colaborativos en BIM exige nuevas competencias digitales en los profesionales de la construcción. En ingeniería todavía no dominan metodologías como el análisis no lineal o la simulación sísmica avanzada, lo que genera una brecha de talento. Esta resistencia cultural al cambio, unida a la falta de capacitación especializada, puede derivar en un uso inadecuado de los *softwares*, comprometiendo la seguridad estructural en lugar de fortalecerla (Kanbara et al., 2025).

Otro desafío relevante es la inversión inicial en *software* y equipos especializados. Las licencias de plataformas BIM, los sensores IoT para monitoreo de obra y los sistemas de análisis estructural CAE representan un costo elevado. Mientras las grandes constructoras pueden afrontar esta inversión,

las pymes suelen quedar excluidas de esta transformación digital, lo que provoca una desigualdad tecnológica. Esto no afecta la competitividad únicamente, también impacta en la capacidad de asegurar que los proyectos más pequeños cumplan con los estándares de seguridad sísmica de manera óptima (Sancar y Cavus, 2024).

A su vez, Calle y ElZomor (2024) señalan que la interoperabilidad y la estandarización de datos son un tercer reto clave. En la actualidad, los diferentes *softwares* de diseño, modelado y análisis estructural no siempre son compatibles, lo que obliga a realizar conversiones manuales entre formatos. Este proceso aumenta los tiempos de trabajo, introduce errores y dificulta la integración de información crítica como propiedades de los materiales o cargas sísmicas. La ausencia de estándares globales unificados limita el potencial del ecosistema digital y frena la eficiencia de la colaboración multidisciplinaria.

En contraste, Karimi et al. (2023) indican que la superación de estos desafíos abre oportunidades de transformación radical en la construcción sismorresistente. La simulación avanzada y la IA permiten probar múltiples configuraciones estructurales y optimizar diseños que superan los códigos mínimos. Eso ayuda a los ingenieros a concebir estructuras con mayor ductilidad y capacidad de disipación de energía, garantizando que el edificio resista incluso escenarios sísmicos más severos de lo previsto por la normativa. Además, el uso combinado de BIM, IoT y plataformas *cloud* genera un gemelo digital de la obra en tiempo real. Esto asegura la trazabilidad completa del proyecto, desde el diseño hasta la ejecución. Los sensores IoT pueden monitorear el curado del concreto, las vibraciones en la obra o la colocación de los elementos estructurales, confirmando que todo se ajusta a las especificaciones sismorresistentes. Esta transparencia, además de reducir el riesgo de fallas, también proporciona un registro digital verificable de la seguridad y calidad del proyecto.

Igualmente, la digitalización también abre la puerta al mantenimiento predictivo mediante sistemas de monitoreo de salud estructural (SHM). Estos sensores instalados de forma permanente, registran el desempeño del edificio después de cada evento sísmico identificando daños ocultos o acumulativos. De

esa forma se pueden programar refuerzos antes de que ocurran fallas graves, prolongando la vida útil de construcciones críticas como hospitales, puentes o centrales energéticas, donde la continuidad operativa es vital (Fujii et al., 2021).

En conclusión, aunque la integración de tecnologías digitales en la construcción sismorresistente enfrenta resistencias culturales, limitaciones económicas y retos de interoperabilidad, sus beneficios representan un salto cuántico en la seguridad estructural. La combinación de simulación avanzada, monitoreo en tiempo real y trazabilidad digital mejora la precisión y eficiencia de los proyectos, al mismo tiempo que redefine el concepto mismo de resiliencia sísmica. Así, el futuro de la construcción en zonas de alta peligrosidad sísmica dependerá cada vez más de la capacidad de la industria para adoptar la innovación digital como eje central de su desarrollo.

CAPÍTULO IV

LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

A nivel global, la actividad sísmica ha sido objeto de innumerables estudios debido a la magnitud de los desastres acaecidos en las primeras décadas del siglo XXI (Bogomolov y Sycheva, 2022). La realización de actividades de prevención de riesgo sísmico enfatiza la urgencia por brindar soluciones a la sociedad ante desastres de este tipo; lo mismo sucede con el diseño y construcción de estructuras sismorresistentes (Zhou et al., 2024; Akhundzadah, 2025).

La frecuencia de los terremotos ha acelerado el desarrollo de la digitalización en la ingeniería, a partir de lo cual se han establecido nuevas aristas para la gestión de desastres en edificaciones urbanas (Sousa y Tsionis, 2025). Los movimientos telúricos abarcan características específicas como la profundidad, magnitud y condiciones de los materiales, indicadores que, dentro de las normas antisísmicas, organizan cambios y previenen pérdidas graves (Kumar et al., 2025; Badalia y Singh, 2025).

La actividad sísmica ha manifestado, al respecto, una magnitud muy alta en el denominado cinturón de fuego del Pacífico, donde distintos países ubicados en tal estructura geológica han padecido sismos de categorías catastróficas (Zambrano-Montenegro y Avellán-Vera, 2023). Por ello, la severidad potencial creciente que manifestaron los sismos ha generado preocupación sobre las construcciones y su capacidad para mantener una estructura idónea frente a un desastre (Romero-Sánchez et al., 2023; Dashti et al., 2025).

Construir estructuras a prueba de sismos requiere de materiales particulares, planificación efectiva e innovación tecnológica. Es preciso detallar este último punto debido a la necesidad actual de contar con mecanismos de evaluación de infraestructuras y de innovación estratégica para las mismas (Zarzour et al., 2024; Froozanfar et al., 2024). La tecnología provee de alternativas para

evitar la creación de focos de desastres y daños en construcciones, lo cual alarga la vida útil de estas (Akarsu y Cüneyt, 2025; Yenidogan, 2021).

Las estructuras sismorresistentes contribuyen a optimizar la rigidez y capacidad de carga de los componentes principales, como columnas, paredes y vigas. Su objetivo central es asegurar el soporte de fuerzas en las estructuras durante un movimiento sísmico, a fin de aumentar la protección de las vidas humanas (Mostofizadeh y Fah, 2024; Anastasiadis y Mosoarca, 2024). La incorporación de nuevos materiales y tecnologías digitales de simulación estructural permite anticipar el comportamiento sísmico de los edificios y mejorar las estrategias de diseño, garantizando construcciones más seguras y eficientes (Wang, 2025; Penazzato et al., 2024).

Lo ideal en este tipo de estructuras es absorber, redirigir y disipar la energía generada durante un terremoto para reducir al mínimo los efectos sobre la edificación. Para lograrlo, es indispensable aplicar técnicas y sistemas constructivos avanzados que optimicen tanto el diseño como el desempeño sísmico de los edificios (Domadzra et al., 2025). Sin embargo, es importante reconocer que ninguna estructura puede estar completamente exenta de sufrir daños ante un evento sísmico. Por esa razón, la estrategia más eficaz consiste en diseñar edificaciones que con una arquitectura robusta, flexible y moderna, incorporen medidas preventivas que garanticen la seguridad estructural en zonas de alta vulnerabilidad sísmica (Cunalata y Caiza, 2022).

La ingeniería adopta diversas estrategias para prevenir el deterioro estructural mediante la implementación de tecnologías especializadas orientadas a fortalecer la resistencia y durabilidad de las edificaciones (Dolce et al., 2023; Gjafar et al., 2025). No obstante, es fundamental reconocer que la naturaleza es impredecible, y que por su variabilidad plantea desafíos significativos para evaluar con precisión el amplio rango de frecuencias y magnitudes sísmicas posibles, lo que dificulta alcanzar un equilibrio óptimo entre viabilidad estructural y capacidad resistente (Ruchi y Fatima, 2021; Chai y Wu, 2023).

Lograr una transformación significativa en el sector de la construcción exige una inversión económica considerable, tanto en materiales de alta resistencia como en tecnologías digitales que perfeccionen los procesos de diseño,

armado y reparación estructural (Beltramone y Gomes, 2023; Ghafar et al., 2025). Este avance se refleja en la aplicación de herramientas como el *computer-aided design* (CAD), el *building information modeling* (BIM) y la simulación y análisis estructural (CAE), las cuales cumplen funciones específicas enfocadas en mejorar la precisión y eficiencia en cada etapa del proyecto. Estas tecnologías se materializan mediante dispositivos digitales programados para tareas especializadas, integrando datos y procesos que fortalecen la calidad y seguridad de las edificaciones (Zarzour et al., 2024; Ciotta et al., 2021).

Estas innovaciones proporcionan vías para detectar daños y generar respuestas infalibles para la construcción de nuevas edificaciones. Por lo mismo, es fundamental la inversión en materiales de resistencia elevada, la planificación estratégica para la rehabilitación estructural, y el refuerzo de los cimientos y el suelo (Rangrej y Chan, 2025). Estas innovaciones impulsan una nueva frontera en la ingeniería estructural: la capacidad de crear edificaciones que se adaptan, aprenden y responden frente al entorno sísmico. A través de modelos digitales integrados, sensores inteligentes y simulaciones dinámicas, la construcción se convierte en un proceso retroalimentado por datos reales y predicciones computacionales (Plevris, 2024).

La tecnología, en suma, ha servido para optimizar los resultados de las construcciones antisísmicas. En tal sentido, en el presente estudio se ha elaborado una revisión sistemática que tiene como objetivo identificar las tecnologías digitales más utilizadas en la construcción de estructuras sismorresistentes. Así también, visualizar, en el campo de la ingeniería, aquellas tecnologías que ayudan a perfeccionar la evaluación del rendimiento estructural y la optimización de las funciones.

4.1. Metodología

El presente trabajo corresponde a una revisión sistemática (*systematic review*), en la que se aplicó el método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021; Kolaski et al., 2023). Para la realización del estudio se priorizó el desarrollo de un enfoque cualitativo y descriptivo. De esta forma, se respondieron las siguientes pre-

guntas de investigación: ¿qué tipos de tecnología digital pueden aplicarse en la construcción de estructuras sismorresistentes? ¿cuáles son las tecnologías con mayor presencia en el ámbito académico dentro de esta área? y ¿de qué manera impactan estas tecnologías digitales al trabajo en ingeniería?

Las bases de datos consultadas fueron Scopus y SciELO, recursos académicos que han permitido acceder a una cantidad relevante de información. Cabe señalar que, entre las palabras clave, se ha optado por el término “ingeniería sísmica”, puesto que se trata de un campo especializado en el estudio del impacto de la actividad sísmica en estructuras. Las fórmulas empleadas en las bases de datos se estructuraron por medio de operadores booleanos (AND, OR), tal como se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla 3. Cuadro de términos clave, resultados y bases de datos

Base de datos	Palabras clave	N.º de resultados
Scopus	<i>TITLE-ABS-KEY (seismic engineering AND technology) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (OA , “all”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , “English”))</i>	314
	<i>TITLE-ABS-KEY (seismic resistant structure) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (OA , “all”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , “English”) OR LIMIT-TO (LANGUAGE , “Spanish”))</i>	363
SciELO	<i>ingeniería AND sísmica</i>	275
TOTAL		952

Nota. Elaboración propia

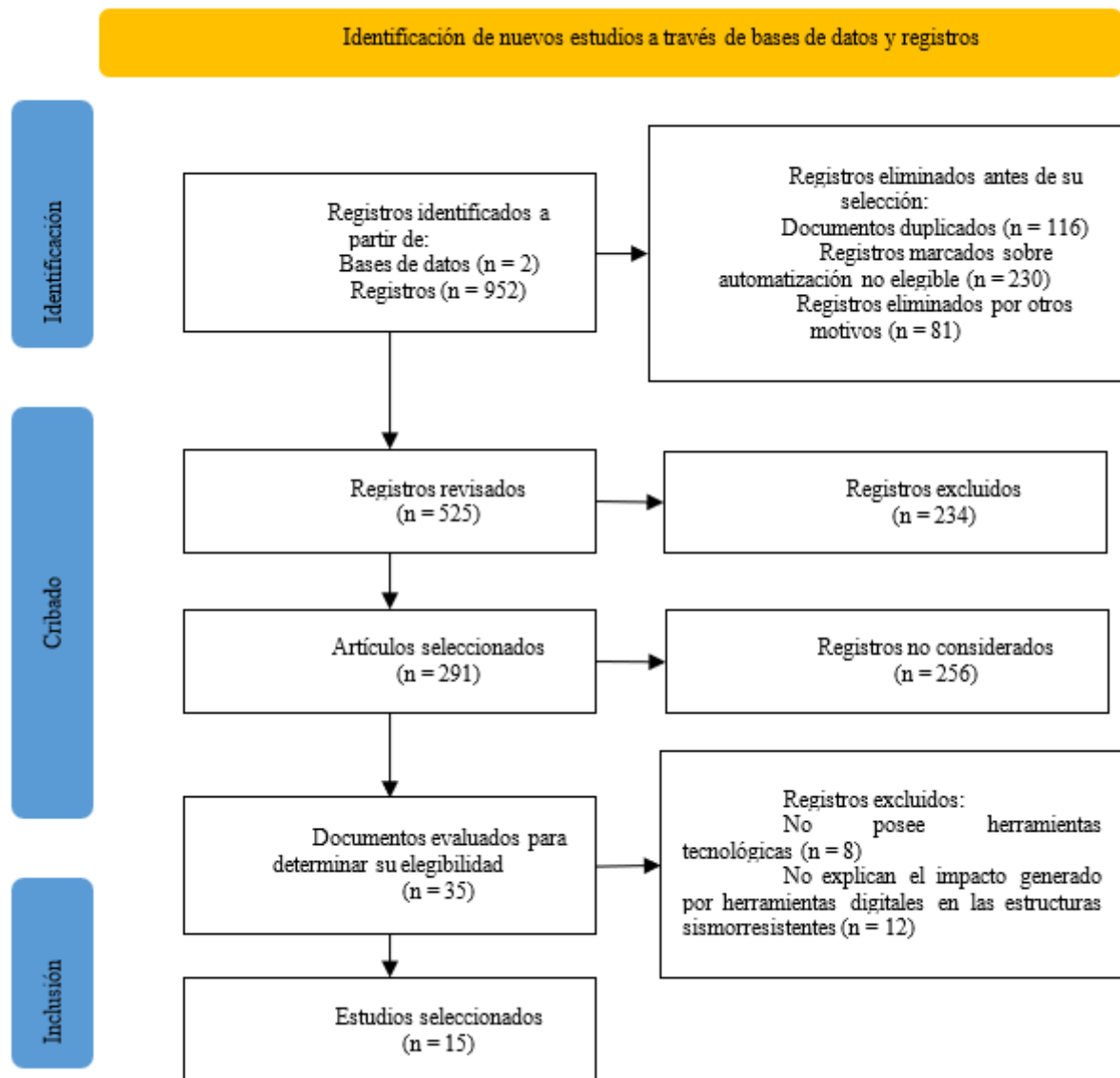
Como se logra apreciar, la búsqueda realizada en Scopus y SciELO dio como resultado un total de 962 documentos, los cuales, mediante los criterios de selección, pasaron por un proceso de descarte e inclusión con el fin de administrar de una manera idónea la información adquirida en las bases de datos. En

tal sentido, fue primordial que los artículos hayan sido publicados en el periodo comprendido entre 2021 y 2025, en idioma inglés y español para garantizar la facilidad en la extracción de datos.

De la misma manera, los documentos debían presentar el diseño de estudio cualitativo, cuantitativo y mixto para integrar el análisis del enfoque cualitativo con la precisión y validez estadística del enfoque cuantitativo. Esto para que se pueda abordar el fenómeno desde múltiples perspectivas, facilitando una comprensión más integral y robusta de los datos, así como la posibilidad de contrastar resultados, atender evidencias y generar conclusiones más sólidas para contextos diversos.

Según su contenido, fue fundamental que los documentos presenten tecnologías digitales aplicadas a la ingeniería sísmica para la construcción de estructuras sismorresistentes. Además, los documentos debían mostrar el impacto de estas tecnologías para el desarrollo de la evaluación del rendimiento de las edificaciones, la salud estructural, la mejora en la toma de decisiones y la construcción de estructuras con materiales duraderos y resistentes.

Por medio de los criterios utilizados, en el siguiente diagrama de flujo se visualiza cada etapa en la selección de documentos. Esto con la finalidad de brindar una representación adecuada de los procesos de descarte e inclusión realizados, donde se destacan las cantidades totales del filtrado.

Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA

Nota. Elaboración propia

La figura muestra el proceso de selección de estudios siguiendo la metodología PRISMA. Inicialmente, se identificaron 952 registros procedentes de dos bases de datos y otros registros adicionales. Tras una primera depuración, se eliminaron 427 registros, correspondientes a documentos duplicados, estudios marcados como no elegibles por automatización y otros eliminados por motivos diversos. Posteriormente, se revisaron 525 registros, de los cuales se excluyeron 234 por no cumplir los criterios de pertinencia.

Esto condujo a la selección de 291 artículos, aunque 256 fueron descartados en la etapa de cribado más detallado. Finalmente, se evaluaron 35 do-

cumentos completos para determinar su elegibilidad, excluyendo 20 de ellos por carecer de herramientas tecnológicas o por no explicar el impacto de las herramientas digitales en la sismorresistencia. Como resultado final, la revisión sistemática incluyó 15 estudios seleccionados, que constituyen la base de análisis para comprender el papel de la tecnología digital en la construcción de estructuras sismorresistentes.

4.2. Resultados

En la siguiente tabla, se presentan los documentos seleccionados, donde se detallan de manera analítica sus características formales, tales como nombre de los autores, títulos, revista, metodología de investigación, temática, herramienta digital y base de datos. Al mostrar los detalles de cada documento, se ofrece una visión comparativa y estructurada del corpus analizado. Además, permite identificar tendencias y patrones metodológicos predominantes para el desarrollo de nuevos estudios.

Tabla 4. *Cuadro de artículos seleccionados*

N.º	Autores	Títulos	Revista	Metodología	Herramienta digital	Base de datos
1	Calledda, C., Montisci, A. y Porcu, M. C. (2021)	Diseño óptimo de edificios sismorresistentes basado en la inversión de redes neuronales	Applied Sciences	Cuantitativa	Redes neuronales	Scopus
2	Harirchian, E., Aghakouchaki, S., Novelli, V., Lahmer, T. y Rasulzade, S. (2024)	Utilización de enfoques avanzados de aprendizaje automático para evaluar la fragilidad sísmica de estructuras de mampostería no diseñadas	Results in Engineering	Cuantitativa	Aprendizaje automático	Scopus
3	Bourahla, N., Taфраout, S., Bouranla, Y., Se-reir-El-Hirtsi, A. y Skoudarli, A. (2022)	Automatización y optimización del diseño basado en GA de estructuras sismorresistentes CFS en un entorno BIM	Structures	Cuantitativa	BIM	Scopus

4	Djerrad, A., Zhou, Y. y Meng, S. (2024)	Modelos eficientes basados en deep learning para la predicción rápida de respuestas de muros de cortante RC bajo cargas monotónicas y cíclicas	Journal of Building Engineering	Cuantitativa	Redes neuronales	Scopus
5	Huang, L., Li, S., Zhang, D., Wang, W., Xu, J. y Xu, S. (2024)	Análisis de la respuesta sísmica de una estructura de almacén de hormigón con fibra de acero agitado vibrante basado en la evolución de la densidad de probabilidad	Buildings	Cuantitativa	BIM, inteligencia artificial, Internet de las cosas	Scopus
6	Jiang, J., Xiong, C., Xu, Z., Mei, L., Li, L. y Long, W. (2025)	Gemelo digital con motor de juego para la simulación de daños sísmicos en edificios	Engineering Structures	Mixta	DT, BIM	Scopus
7	Lauria, M. y Az-zalin, M. (2024)	Transformación digital en el sector de la construcción: Un gemelo digital para la seguridad sísmica en el ciclo de vida de los edificios	Sustainability	Mixta	DT, BIM	Scopus
8	Li, S. y Shen, L. (2024)	Diseño de optimización sísmica y aplicación de estructuras de ingeniería civil integradas con tecnología de sistemas robóticos para edificios	HighTech and Innovation Journal	Cuantitativa	Tecnología de sistemas robóticos para construcciones	Scopus
9	Musella, C., Serra, M., Menna, C. y Asprone, D. (2021)	Modelado de información de edificios e inteligencia artificial: Tecnologías avanzadas para la digitalización de daños sísmicos en edificios existentes	Wiley	Mixta	BIM	Scopus

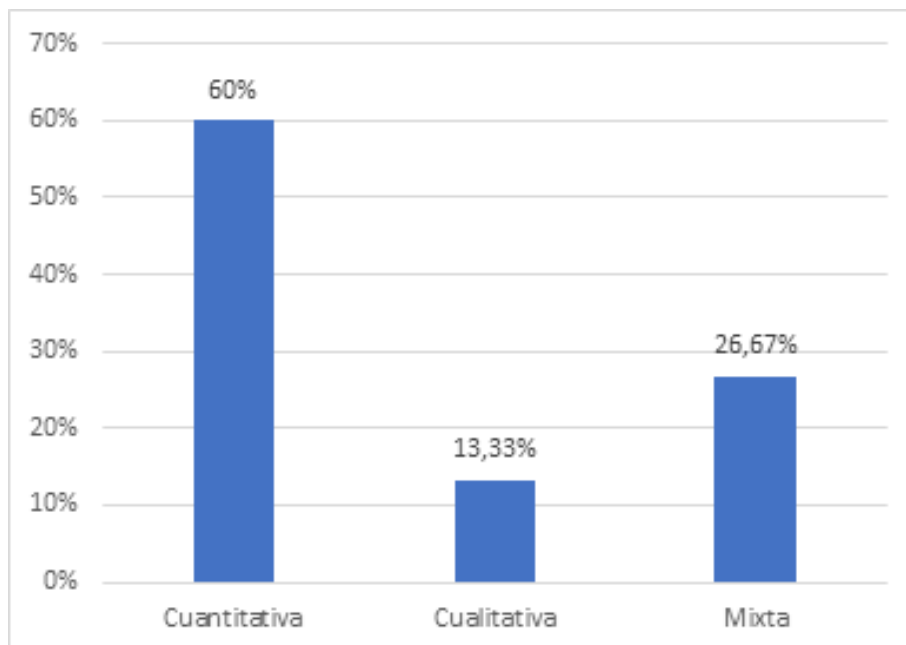
10	Shahjalal, M., Mohammad, A., Morshed, A. e Islam, N. (2024)	Diseño de edificios sismorresistentes: Innovaciones y retos	Global Mainstream Journal of Innovation, Engineering & Emerging Technology	Cualitativa	BIM, IA y sistemas de monitorización de la salud estructural	Scopus
11	Zhu, H., Hou, Y., Xu, Q., Wang, J., Sun, C., Deng, J., Tong, L. y Cheng, J. (2025)	Evaluación del comportamiento sísmico de estructuras de puentes continuos de hormigón armado basada en el enfoque integrado de aprendizaje automático y regresión simbólica	Ain Shams Engineering Journal	Cuantitativa	Aprendizaje automático	Scopus
12	Alselami, N., Alam, S., Bangalore, M., Baarimah, A., Mustafa, T. y Almujiabah, H. (2025)	Investigación de la adopción de BIM para la predicción de la respuesta sísmica en estructuras geotécnicas: Un marco empírico	Ain Shams Engineering Journal	Mixta	BIM	Scopus
13	Raman, R., Gurulakshmi, A. B., Kansal, L., Banoth, R., Meheta, A. y Hameed, A. (2024)	El futuro de los edificios inteligentes: Integración de IoT en la ingeniería de la construcción	E3S Web of Conferences	Cualitativa	Internet de las cosas	Scopus
14	Wang, C., Zhao, J. y Chan, T.-M. (2023)	Marco de diseño anti-sísmico asistido por inteligencia artificial (IA): Tomando como ejemplo un sistema de respaldo resistente	Engineering Structures	Cuantitativa	Inteligencia artificial	Scopus
15	Sil, A., Shankar, S. y Dandapat, S. (2025)	Integración de la inteligencia artificial en el diseño estructural sismorresistente - Avances en edificación sostenible y tecnología del hormigón	Journal of Information Systems Engineering and Management	Cuantitativa	Inteligencia artificial	Scopus

Nota. Elaboración propia

En el siguiente gráfico, se evidencia una predominancia del enfoque cuantitativo (60 %) en los artículos seleccionados, lo que refleja una tendencia hacia el uso de métodos empíricos y medibles en la investigación sobre estructuras sismorresistentes y tecnologías aplicadas. Este tipo de enfoque está asociado con modelos experimentales, simulaciones numéricas y análisis estadísticos, herramientas esenciales para evaluar el comportamiento estructural frente a eventos sísmicos.

El enfoque mixto (26.67 %), por su parte, ocupa un segundo lugar relevante, lo que denota un interés creciente por combinar datos cuantitativos con análisis cualitativos, especialmente en estudios que buscan integrar aspectos técnicos con factores de gestión, percepción del riesgo o aplicación práctica. En menor medida aparece el enfoque cualitativo (13.33 %), lo que sugiere que aún son limitadas las investigaciones centradas en análisis interpretativos, contextuales o humanos dentro del ámbito del estudio de tecnologías digitales para estructuras sismorresistentes.

Figura 3. *Diseño de estudio de documentos seleccionados*



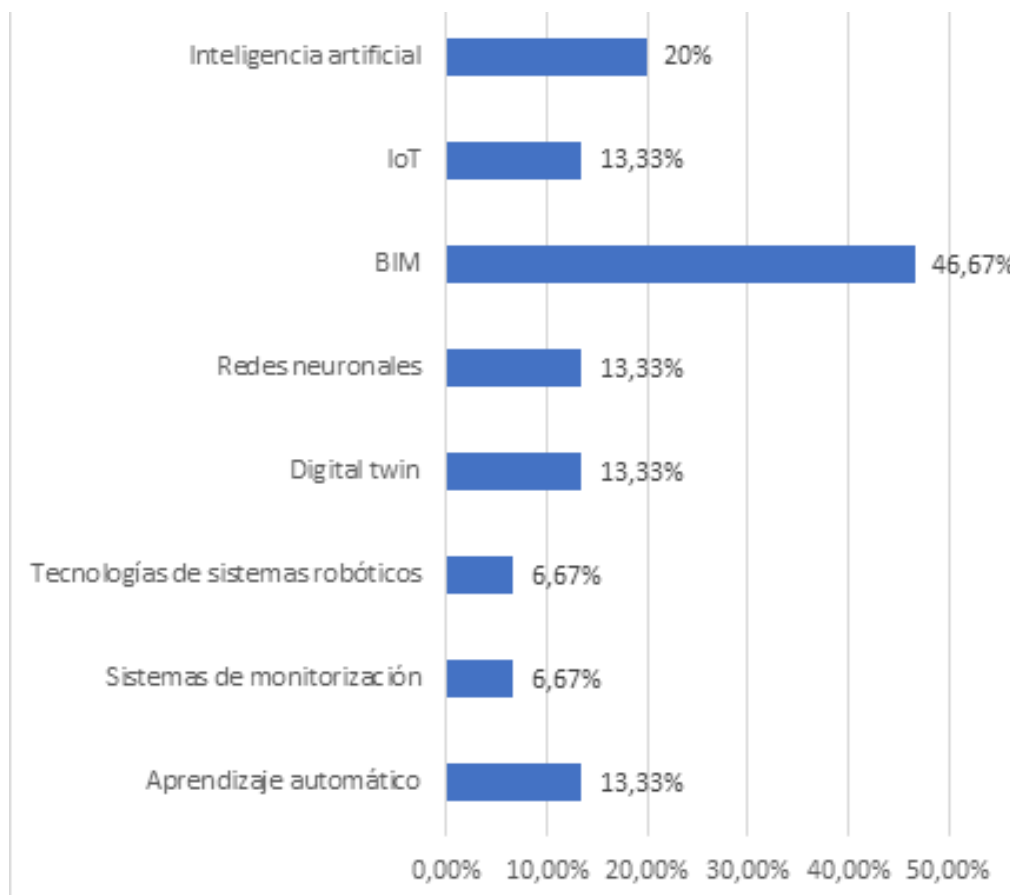
Nota. Elaboración propia

La Figura 4 muestra la enorme presencia del uso de la metodología BIM en los artículos analizados (46.67 %), evidencia de su posición como herramienta más empleada en el ámbito de la ingeniería y la construcción sismor-

resistente. Este predominio refleja la relevancia del modelado digital de información como soporte para el diseño, simulación y gestión de estructuras con criterios de precisión y eficiencia. En segundo lugar, la inteligencia artificial (20 %) destaca por su creciente aplicación en el análisis predictivo y la optimización del comportamiento estructural.

Mientras, tecnologías como IoT, redes neuronales, DT y aprendizaje automático (13.33 % cada uno de ellos) indican una tendencia hacia la integración de sistemas inteligentes e interconectados en el monitoreo y control estructural. Por su lado, herramientas emergentes como los sistemas de monitorización y las tecnologías robóticas (6.67 %) muestran un desarrollo incipiente, pero con alto potencial para la automatización y visualización en tiempo real. En conjunto, la figura revela una transición hacia la digitalización integral del proceso constructivo, siendo BIM la tecnología que actúa como eje articulador de distintas tecnologías avanzadas orientadas a la seguridad y sostenibilidad estructural.

Figura 4. *Tendencia porcentual en las herramientas digitales*

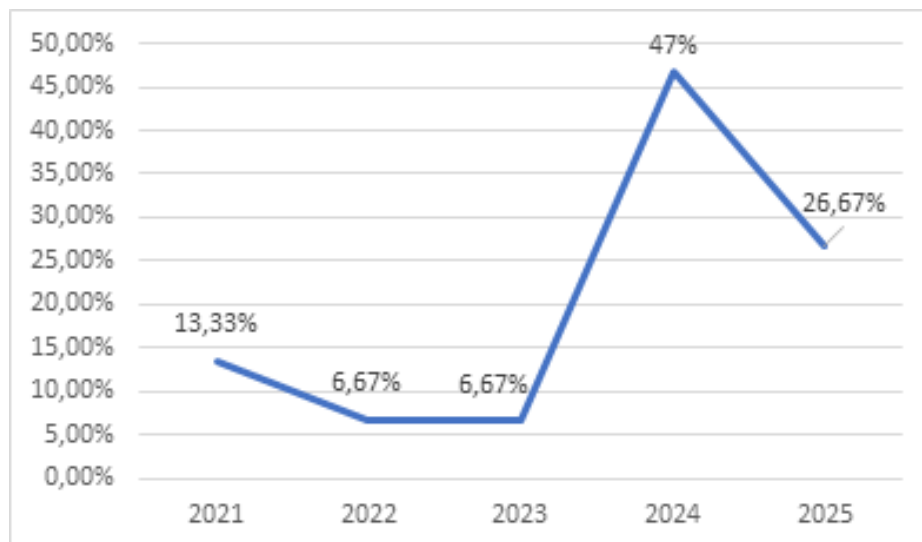


Nota. Elaboración propia

Respecto a los años de publicación de los artículos seleccionados, la Figura 5 refleja una evolución progresiva en el interés investigativo sobre tecnologías y estrategias aplicadas a la construcción sismorresistente. Entre 2021 y 2023, la producción académica se mantiene baja y estable, con valores entre 13.3 % y 6.67 respectivamente, lo cual sugiere un periodo inicial de exploración teórica o de desarrollo metodológico. Sin embargo, un incremento significativo en 2024 (hasta el 47 %) da muestra de un auge en las publicaciones, posiblemente vinculado al impulso de la digitalización y la automatización en la ingeniería estructural durante ese periodo.

Posteriormente, en 2025 se presenta una ligera disminución (26.67 %), que podría interpretarse como un proceso de consolidación o especialización de las investigaciones en curso. En conjunto, la tendencia del gráfico sugiere un crecimiento reciente y sostenido del interés científico, donde las tecnologías emergentes comienzan a ocupar un papel protagónico en el desarrollo de estructuras más seguras e inteligentes.

Figura 5. *Año de publicación de artículos seleccionados*



Nota. Elaboración propia

4.3. Discusión

Al obtener distintas perspectivas, herramientas y tópicos de acción en las cuales se fundamenta el uso de herramientas digitales para la construcción de estructuras sismorresistentes, se formulan las siguientes apreciaciones: los

aportes de cada resultado abarcan el diseño, la reparación estructural y la prevención de riesgos en la construcción de edificios y estructuras con relación a la actividad sísmica. Por tanto, las tecnologías que se presentarán a continuación ayudarán en su desempeño a los ingenieros civiles, sísmicos, geotécnicos, geofísicos y estructurales por el amplio abanico de instrumentos digitales existentes para la construcción.

En el caso de las redes neuronales, estas pueden generar imágenes que destacan las diferencias entre los daños de cada estructura, los detalles de las grietas y los cambios que pueden haber en las distintas posiciones del soporte material (Musella et al., 2021). Forman parte del modelado BIM (Building Information Modeling), que demuestran el potencial de respuesta ante la actividad sísmica y facilitan la gestión de los detalles estructurales de los edificios (Jing et al., 2025). Esto funciona también para predecir el cambio estructural de los muros bajo condiciones de carga monótona y cíclica, características consustanciales de la actividad sísmica (Djerrad et al., 2024).

El diseño estructural inteligente basado en BIM, destinado a orientar la construcción de los paneles de muros de corte para distribuir las cargas laterales, aumenta las probabilidades de soportar la energía liberada por los sismos. Las redes neuronales también sirven para la evaluación de variables de rendimiento de las estructuras (Bourahla et al., 2022). Estos beneficios en las estructuras favorecen el cumplimiento normativo e impulsan la integración de datos y mitigación de riesgos. La consideración de estas variables ejecuta predicciones sobre respuestas sísmicas, un aspecto que mejora la toma de decisiones (Alselami et al., 2025).

Esta tecnología ofrece modelos tridimensionales completos de edificios para garantizar tanto la prevención de riesgos como la construcción efectiva de estructuras antisísmicas. La tecnología BIM se complementa por medio de los sensores programados con Internet of Things (IoT) al registrar aceleraciones y desplazamientos estructurales en tiempo real, una forma de visualizar la respuesta sísmica del edificio desde una interfaz interactiva para detectar daños y reducir la criticidad. Además, configura nuevos procesos para que las

edificaciones tengan una mejor reacción frente a los movimientos telúricos (Raman et al., 2024).

El IoT brinda facilidades en la construcción de edificios inteligentes con material sostenible y garantiza la seguridad en el uso de sensores anti-sísmicos. También funciona para localizar e identificar daños, mejorando así la gestión y la productividad en la construcción. Cada anomalía es registrada para dotar resiliencia sísmica a las estructuras, lo que proporciona datos valiosos para la planificación del ciclo de vida de la estructura. (Haririchian et al. 2024; Huang et al., 2024).

Por otro lado, el denominado Digital Twin (DT) es capaz de generar imágenes con una alta calidad en el detalle gráfico y, además, facilita la integración del IoT junto con la información obtenida de la tecnología BIM (Jiang et al., 2025). El DT simula movimientos sísmicos dentro de una estructura con la finalidad de analizar la distribución de las fuerzas telúricas. Su capacidad de simulación beneficia la prevención, la evaluación de fallas del edificio y posibilita la mejora del diseño estructural.

La digitalización que otorga el uso de la DT junto con motores gráficos de juego (como el Unreal Engine 5) transforma la evaluación sísmica en un proceso rápido, integral y visual que considera tanto la seguridad estructural como la funcionalidad postsismo. Esto permite, a diseñadores y gestores de infraestructura, anticipar daños, planificar refuerzos y mejorar la resiliencia urbana. Representa un avance frente a métodos tradicionales al integrar simulación en tiempo real, monitoreo IoT y modelos BIM en un mismo entorno digital (Jiang et al., 2025; Zhu et al., 2025).

Mediante la conceptualización de la DT como una herramienta digital destinada a la simulación de la actividad sísmica, pueden desarrollarse variantes de la DT para fines particulares de construcción. Un ejemplo de ello es el modelo DT4SEM, que se orienta a la gestión inteligente y el monitoreo sísmico. Esta herramienta brinda seguridad estructural y resiliencia sísmica, abarcando procedimientos provenientes de BIM y el uso de sensores de IoT e IA (Lauria y Azzalin, 2024). El uso integral de estas tecnologías favorece la detección automática de daños y el análisis estructural del edificio bajo un enfoque complejo

que engloba el procesamiento de imágenes, vibraciones y datos de sensores en tiempo real para identificar fisuras, deformaciones o fallas (Calledda et al., 2021; Sil et al., 2025).

La IA amplía las funciones que pueden realizarse en el modelado de las estructuras y en el monitoreo en tiempo real. Permite actuar antes de que ocurra una falla estructural y se alimenta de sensores, datos históricos y simulaciones para mejorar la seguridad pública (Sil et al., 2025). La IA implicada con sistemas robóticos inteligentes potencian la monitorización en tiempo real del rendimiento y la salud estructural. La tecnología de los sistemas robóticos brinda soluciones creativas e innovadoras no solo para una evaluación estructural progresiva, sino también para la construcción eficaz (Li y Shen, 2024).

La IA es un potente aliado en la construcción y diseño de estructuras sismorresistentes, pues su rendimiento es mayor frente a enfoques tradicionales de construcción que se han visto defectuosos frente a las exigencias actuales en materia de seguridad civil. En ese sentido, las tecnologías de simulación enriquecen el análisis de estructuras al adherir características sismorresistentes de forma personalizada. La IA y el aprendizaje automático contribuyen en la labor de los ingenieros, ya que facilitan el proceso de ajustar las estructuras según los riesgos sísmicos específicos de una ubicación determinada (Shahjalal et al., 2024).

4.4. Conclusiones

El estudio realizado permitió determinar que las tecnologías digitales desempeñan un papel determinante en la construcción, modernización y fortalecimiento de estructuras ante la actividad sísmica. Entre las herramientas más aplicadas en la elaboración de estructuras sismorresistentes destacan el Building Information Modeling (BIM), la inteligencia artificial (IA), el Internet of Things (IoT), el Digital Twin (DT) y las redes neuronales, que, en conjunto, posibilitan una gestión integral de datos, simulaciones estructurales de alta precisión y la optimización del rendimiento de los materiales frente a la actividad sísmica.

Así también, se identificó que el BIM es la tecnología que tiene mayor presencia en la literatura académica reciente, una herramienta central para el diseño y modelado digital de estructuras. Su integración con IA, IoT y DT potencia las capacidades de simulación y predicción, transformando los procesos constructivos tradicionales en sistemas dinámicos y adaptativos. Asimismo, tecnologías emergentes como los sistemas robóticos y el aprendizaje automático comienzan a adquirir relevancia por su aporte a la automatización y a la mejora en la precisión del análisis sísmico.

Se evidenció igualmente que la implementación de estas tecnologías digitales mejora significativamente la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de las edificaciones. Los ingenieros cuentan con plataformas que permiten anticipar daños, reducir costos de mantenimiento y fortalecer la resiliencia estructural mediante el monitoreo continuo y la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real. La integración de estas tecnologías redefine los parámetros de la construcción antisísmica, abriendo paso a una nueva era de edificaciones inteligentes, seguras y sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akarsu, O. y Cüneyt, A. (2025). The Controversial Points of Earthquake Resistant Design of Steel Structures. *Journal of Brilliant Engineering*, 2, 1-22. <https://doi.org/10.36937/ben.2025.41001>

Akhundzadah, N. A. (2025). Earthquake Risk Severity and Urgent Need for Disaster Management in Afghanistan. *GeoHazards*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.3390/geohazards6010009>

Altioek, T. Y., Cetin, K., & Demir, A. (2025). Experimental and numerical investigation of strengthening inadequate reinforced concrete frames with innovative precast panels. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 23, 3647-3677. <https://doi.org/10.1007/s10518-025-02187-w>

Alvarado, M., & Llanes-Cedeño, E. A. (2022). E-Gobierno para la modernización de la gestión educativa en el distrito de educación de Jipijapa. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(6), 93-107. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/337>

Álvarez, E. R., Lora, F., & López, S. (2022b). Proceso de diseño sismorresistente de edificios de viviendas de mampostería reforzada para zonas de alta peligrosidad sísmica. *Informes De La Construcción*, 74(566), e445. <https://doi.org/10.3989/ic.85554>

Álvarez, E., Gràcia, M., & Alvarado, J. (2022a). Uso de una herramienta digital de desarrollo profesional para la mejora de la competencia oral en educación secundaria: Experiencia en formación inicial docente en Chile. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, 5(66), 207-218. <https://doi.org/10.21865/RIDEP66.5.15>

Álvarez-Gómez, J. A., Herrero-Barbero, P., Perea, H., Gómez-Novell, O., Martín, R., García, J., Gaspar, J., González, A., & Khazaradze, G. (2024). Propuesta de parametrización de la medida “distancia a la falla” para la aplicación práctica del proyecto de norma de construcción sismorresistente NCSR-23. *Sociedad Geológica Española*, 20, 767-769. <http://hdl.handle.net/10261/381108>

Amaro-Mellado, J. L., Cobo-Collado, M. D., & Martín-Cara, A. (2022). Aproximación a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones mediante SIG: la serie sísmica de la Vega de Granada (2020-2021) = Approach to the seismic vulnerability of buildings through GIS: the seismic series of the Vega de Granada (2020-2021). *Anales de Edificación*, 8(1), 27-33. <https://doi.org/10.20868/ade.2022.5019>

Anastasiadis, A. y Mosoarca, M. (2024). Earthquake resilient near zero energy buildings: attributes and perspectives. *Sustainability*, 16(6), 2317. <https://doi.org/10.3390/su16062317>

Avendaño, W. R., Hernández, C. A., & Prada, R. (2021). Uso de las Tecnología de Información y Comunicación como valor pedagógico en tiempos de crisis. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 23(36), 135-159. <https://www.redalyc.org/journal/869/86969306007/html/>

Badalia, A. y Singh, S. P. (2025). Seismic Performance of RC Frames Retrofitted with Bracing: A Review and Model-Based Evaluation. *Procedia Structural Integrity*, 70, 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2025.07.034>

Báez, A. (2022). La Economía y la Administración Pública en la digitalización. Realidades y retos. *Ciencias Económicas: Publicación de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional del Litoral*, 1(19), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8691120>

Beltramone, L., y Gomes, R. C. (2021). Earthquake early warning systems as an asset risk management tool. *CivilEng*, 2(1), 120-133. <https://doi.org/10.3390/civileng2010007>

Bogomolov, L. M. y Sycheva, N. A. (2022). Earthquake predictions in XXI century: prehistory and concepts, precursors and problems. *Geosystems of Transition Zones*, 6(3), 145-182. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.164-182>

Bustos, A. M., & Sosa, A. T. E. S. (2021). Edificaciones resilientes para las urbes latinoamericanas. MIC (BIM) como metodología integradora. *ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO*, 81. <https://doi.org/10.24275/issn.2594-1283.2021.p81-94>

Calle, C., & ElZomor, M. (2025). The role of disruptive technologies in enhancing disaster response and resilience in low-income communities. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-12-2024-0136>

Carbajal, L. y Ramón, J. W. *Estimación de riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de chancay mediante método Hazus* [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/654813>

Ccoyllar, D. (2023). *Análisis estructural sismorresistente mediante el método de elementos finitos utilizando el software etabs de un edificio multifamiliar de concreto armado en la ciudad de Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/6308>

Chai, J. y Wu, H. Z. (2023). Prevention/mitigation of natural disasters in urban areas. *Smart Construction and Sustainable Cities*, 1(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s44268-023-00002-6>

Chan, S., Jalaluddin, J., & Asni, K. (2023). Digital technology as a resilience-enhancing tool for SMEs in earthquake-prone developing countries. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 447, p. 03002). EDP Sciences. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/84/e3sconf_aiwest-dr2023_03002/e3sconf_aiwest-dr2023_03002.html

Cheng, Q., Xie, L., Wang, Z., Li, A., Shen, Z., & Wang, X. (2024). BIM-based method for post-earthquake medical functionality assessment of hospital departments considering functional coupling. *Journal of Building Engineering*, 83, 108339. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108339>

Ciotta, V., Asprone, D., Manfredi, G. y Cosenza, E. (2021). Building Information Modelling in Structural Engineering: A Qualitative Literature Review. *CivilEng*, 2(3), 765-793. <https://doi.org/10.3390/civileng2030042>

Cisneros, I. M., Correa, M. B., & Machado, L. A. (2025). Diseño sismorresistente en la frontera entre Nariño, (9Aa – 8Av) y Esmeraldas, (Zona VI). *Revista Perspectivas*, 7(2). https://perspectivas.esPOCH.edu.ec/RCP_ESPOCH/es/article/view/228

Cisneros-Álvarez, P., & de las Heras-Fernández, R. (2023). La implementación de la tecnología digital en la educación artística: una revisión de la literatura científica. *Artseduca*, 35, 53-66. <https://artseduca.com/wp-content/uploads/2023/06/6920.pdf>

Çıtıptıoğlu, A., & Balkaya, C. (2025). A Framework for Rapid Vulnerability Assessment of Building Stock Utilizing Critical Seismic Wall Index Calculated via BIM Integrated into GIS for Prioritization of Seismic Risk to Avoid Demolition for Sustainable Cities. *Buildings*, 15(18), 3292. <https://doi.org/10.3390/buildings15183292>

Collantes, D. G. (2025). Aplicación de diversos métodos de evaluación para detectar vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas en Perú. *Gaceta Técnica*, 26(2), 95-103. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica262.8>

Condori, J. M., & Giron, K. R. (2025). *Análisis y diseño sismorresistente de un aulario de 7 pisos de concreto armado y acero* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/29902>

Córdova, D. M., Romero, J. A., López, R. E., García, M. T., & Sánchez, D. C. (2024). Desarrollo de competencias digitales docentes mediante entornos virtuales: una revisión sistemática. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 16(1), 142-161. <https://doi.org/10.32870/ap.v16n1.2489>

Cunalata, F. y Caiza, P. (2022). Estado del arte de estudios de vulnerabilidad sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55-64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

Dallı, M., & Soyluk, A. (2024). Ethical analysis of architecture on structural irregularities in major earthquakes in Turkey. *International journal of disaster resilience in the built environment*, 15(2), 259-273. <https://doi.org/10.1108/IJ-DRBE-01-2022-0012>

Dashti, S., Caglayan, B. O. y Dashti, N. (2025). Post-Earthquake Fire Resistance in Structures: A Review of Current Research and Future Directions. *Applied Sciences*, 15(6), 3311. <https://doi.org/10.3390/app15063311>

De Alba, R. L., Pertuz, J. P., & Tejeda, N. E. (2024). *Modelación del diseño arquitectónico de una vivienda unifamiliar de tres niveles utilizando el software Cype Architecture* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/57887>

De Almeida, N. (2023). Metapresencialidad: concepto fundante de una teoría crítica de la salud digital. *Salud colectiva*, 19, e4655. <https://doi.org/10.18294/sc.2023.4655>

Delgado, M., Armendáriz, A. R., & Márquez, J. A. (2025). Interpretación de la ciberseguridad y los derechos digitales: Protección de datos personales en medios digitales. *Orexis. Exploraciones Éticas*, 1(5), 17-29. <https://doi.org/10.54167/orexis.v1i5.1863>

Devia, E. D. (2025). Narrativas y subjetividades políticas globales en medios de comunicación digital: análisis de la campaña #SinMiedo. *Palabra Clave*, 28(1). <https://doi.org/10.5294/pacla.2025.28.1.9>

Díaz, D. D., Cristiani, M., & Juric, V. H. S. (2021). Estrategias didácticas con tecnología digital: enseñanza inclusiva en tiempos de pandemia. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 12(23), 72-88. <https://doi.org/10.60020/1853-6530.v12.n23.34467>

Djerrad, A., Zhou, Y. y Meng, S. (2024). Efficient deep learning based models for rapid prediction of RC shear wall responses under monotonic and cyclic loading. *Journal of Building Engineering*, 98, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.jbe.2024.111131>

Dolce, M. (2023). Earthquake and structural engineering science for civil protection. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(14), 6143-6170. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01789-6>

Domadzra, Y., Bhandari, M. y Hasan, M. (2025). Enhancing earthquake resilience: a review of friction pendulum seismic isolation techniques. *Asian Journal of Civil Engineering*, 26(3), 989-1007. <https://doi.org/10.1007/s42107-024-01231-5>

Er Akan, A., Bingol, K., Örmecioğlu, H. T., Er, A., & Örmecioğlu, T. O. (2024). Towards an earthquake-resistant architectural design with the image classification method. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(1), 157-170. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2213299>

Espinosa-Cevallos, P., & Jaramillo-Flores, P. (2024). La educación digital en la modalidad educativa C-learning (Cloud Learning). *593 Digital Publisher CEIT*, 9(6), 140-156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9842435>

Fernández, K., Reyes, S., & López-Ornelas, M. (2021). Apropiación tecnológica, habilidades digitales y competencias digitales de los estudiantes universitarios: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Conhecimento Online*, 2, 46-72. <https://doi.org/10.25112/rco.v2i0.2493>

Fernandez-Romero, E., & Roque, F. G. A. (2025). Seismic vulnerability of buildings: a review of current approaches and challenges (2000-2025). *International Journal of Educational Practices and Engineering (IJEPE)*, 2(4), 77-100. <https://doi.org/10.70504/ijepe.v2i4.15415>

Flores, E. M. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso. *Journal Boliviano De Ciencias*, 17(50), 56-90. <https://doi.org/10.52428/20758944.v17i50.20>

Flores-Ramírez, M., Silva-Coronel, M., & Campos, V. N. (2024). Influencia del aprendizaje automático en el mantenimiento predictivo de Sistemas HVAC. *Ciencia Y Tecnología*, 23(2), 16-24. <https://doi.org/10.70414/cyt.v23i2.107>

Forero, D. A. (2023). *La cargotectura una alternativa modular sostenible para la ciudad de Los Ángeles* [Tesis de titulación, Universidad La Gran Colombia]. <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/94345852-a872-4276-a15e-5f5679edb6bb/content>

Franco-Rojas, Y., González-Díaz, L., Calderín-Mestre, F., & Galán-Pérez, R. (2022). Consideraciones acerca del diseño sismorresistente de viviendas con mampostería confinada en Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(1), 50-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181372324009>

Froozanfar, M., Moradi, S., Kianoush, R., Speicher, M. S. y Di Sarno, L. (2024). Review of self-centering rocking systems for earthquake-resistant building structures: State of the art. *Journal of Building Engineering*, 84, 108607. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108607>

Fujii, S., Nonaka, S., & Nakayama, M. (2021). Use of medical information and digital services for self-empowerment before, during, and after a major disaster. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 255(3), 183-194. <https://doi.org/10.1620/tjem.255.183>

Gaia-Amorós, B. J., & Fabián-Heredia, S. (2025). Tecnologías inmersivas en la enseñanza del riesgo sísmico edilicio no estructural: desarrollo de una app con realidad aumentada e inteligencia artificial para la educación en arquitectura. *Advances in Building Education*, 9(2), 24-36. <https://doi.org/10.20868/abe.2025.2.5541>

Gándara, M. (2024). La tecnología digital ayuda, pero no es suficiente: la importancia de una estrategia eficaz de comunicación. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, (114), 316-317. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10161416>

García, K. A., Ortiz, T., & Chávez, M. D. (2021). Relevancia y dominio de las competencias digitales del docente en la educación superior. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0257-43142021000300020&script=sci_arttext

Ghafar, W. A., Zhong, T., Lai, Z., Pingle, Z., Yang, Y. y Hasan, M. M. (2025). Seismic isolation for existing structures: a review of retrofitting techniques, case studies, and trends. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 137. <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00300-1>

Giró, X., & Sancho, J. M. (2022). La Inteligencia Artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico. *RELATEC*, 21(1). <https://dehesa.unex.es/entities/publication/ead69b9c-5d3e-4fc7-8e18-2f619b2bd33d>

Gonzales, J. J., & Oseda, D. (2021). Influencia de herramientas virtuales en el desarrollo de competencias digitales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 6073-6097. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.759

González, B. M., Véliz, R. E., & Reyes, A. (2022). Crecimiento verde y digitalización de la economía: CJ Group como paradigma de desarrollo sostenible a la coreana. *México y la Cuenca del Pacífico*, 11(32), 133-157. <https://doi.org/10.32870/mycp.v11i32.792>

Hu, X., Fang, Y., & Liang, Y. (2024). Roles and effect of digital technology on young children's STEM education: A scoping review of empirical studies. *Education Sciences*, 14(4), 357. <https://doi.org/10.3390/educsci14040357>

Huang, L., Li, S., Zhang, D., Wang, W., Xu, J. y Xu, S. (2024). Seismic Response Analysis of a Vibrating Stirred Steel Fiber Concrete Frame Structure Based on Probability Density Evolution. *Buildings*, 14, 1-27. <https://doi.org/10.3390/buildings14123862>

Huangal, N. E. (2025). Conocimiento científico sobre tecnología de la información y construcción sostenible. Una revisión bibliométrica. *Revista Reflexiones De La Sociedad Y Economía*, 2(1), 94-113. <https://doi.org/10.62776/rse.v2i1.34>

Ibarra, J. D. (2024). *Estudio comparativo de la ductilidad de diseño entre el Eurocódigo 8 (EC-8) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)* [Tesis de maestría, Universitat Politecnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/c085f696-c967-4006-9752-a484d22093f9/content>

Jiang, J., Xiong, C., Xu, Z., Mei, L., Li, L. y Long, W. (2025). Game engine-empowered digital twin for seismic damage simulation of buildings. *Engineering Structures*, 330, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119839>

Kanbara, S., Shaw, R., Eguchi, K., & Das, S. (2025). Lessons from the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Need for digital transformation in disaster response. *Progress in Disaster Science*, 25, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100400>

Karimi, R., Shirowzhan, S., & Sepasgozar, S. M. (2023). Architectural Design Criteria Considering the Circular Economy and Buildability for Smart Disaster Relief Shelter Prototyping. *Buildings*, 13(7), 1777. <https://doi.org/10.3390/buildings13071777>

Kolaski, K., Romeiser, L. y Ioannidis, J. (2023). Guidance to best tools and practices for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 12(96), 1-29. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02255-9>

Kuncoro, T., Ichwanto, M. A., & Muhammad, D. F. (2023). VR-based learning media of earthquake-resistant construction for civil engineering students. *Sustainability*, 15(5), 4282. <https://doi.org/10.3390/su15054282>

Lauria, M. y Azzalin, M. (2024). Digital Transformation in the Construction Sector: A Digital Twin for Seismic Safety in the Lifecycle of Buildings. *Sustainability*, 16, 1-22. <https://doi.org/10.3390/su16188245>

Li, S. y Shen, L. (2024). Seismic Optimization Design and Application of Civil Engineering Structures Integrated with Building Robot System Technology. *HighTech and Innovation Journal*, 5(4), 1118-1134. <http://dx.doi.org/10.28991/HIJ-2024-05-04-017>

LLuman, L. M., & Busto, S. B. (2025). Responsabilidad ética de las instituciones educativas en la implementación de la tecnología digital. *Simbiosis*, 5(11), 184-198. <https://doi.org/10.59993/simbiosis.V.5i11.97>

López, S. (2024). Crisis de la representatividad y digitalización: el papel de la negociación colectiva en materia de teletrabajo. *Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho del Empleo*. https://ejcls.adapt.it/index.php/rldc_adapt/article/view/1397

Loza, C. E. (2023). Análisis de la accesibilidad al altavoz inteligente Alexa en personas adultas mayores. *Revista De Estudios Interdisciplinarios Del Arte, Diseño Y La Cultura*, 38-64. <https://masam.cuautitlan.unam.mx/seminarioarte-y-diseno/revista/index.php/reiadyc/article/view/158>

Luis, N., & Esteves, M. (2022). Técnica y política en la construcción sismorresistente en Mendoza en la década del veinte: la acción del Estado en los casos de Costa de Araujo y Villa Atuel. *Estudios sociales del Estado*, 8(15), 64-99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9110888>

Mahamood, S. Z. H., & Fathi, M. S. (2022). Seismic building design work process using building information modeling (BIM) technology for Malaysian Government projects. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 13(2), 211-232. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2021-0135>

Mamani, C. G. (2024). *Evaluación de requerimientos de ductilidad para elementos de concreto armado resistentes a sismo en edificios con aislamiento sísmico* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/019e7b82-15bd-4e5b-bf3b-532ef92d1f58>

Marcus, B., Macchioni, E., Vernaza, C., & Cancino, C. (2023). Ensayos de materiales de acabado a base de cal y sintéticos para el mantenimiento del enlucido del Templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú. *PROTERRA. Memorias del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra - SIACOT*, (20), 200-209. <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/msiacot/article/view/1000>

- Montero, L. L. (2023). Tecnología digital y educación superior en Colombia: perspectivas y desafíos en la era de la inteligencia artificial (IA). *Investigaciones Andina*, 25(46), 10-11. <https://doi.org/10.33132/01248146.2263>
- Moon, S., & Bhadke, S. (2025). BIM for Seismic Analysis and Design, Enhancing Seismic Resilience in Earthquake-Prone areas: A Review. *Enhancing Seismic Resilience in Earthquake-Prone areas: A Review*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5145191
- Mostofizadeh, S. y Fah, K. (2024). Review of next-generation earthquake-resistant geopolymer concrete. *Discover Materials*, 4(62), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00132-3>
- Musella, C., Serra, M., Menna, C. y Asprone, D. (2021). Building information modeling and artificial intelligence: Advanced technologies for the digitalisation of seismic damage in existing buildings. *Wiley*, 22, 2761-2774. <https://doi.org/10.1002/suco.202000029>
- Naji, K. K., Gunduz, M., Alhenzab, F. H., Al-Hababi, H., & Al-Qahtani, A. H. (2024). A systematic review of the digital transformation of the building construction industry. *Ieee Access*, 12, 31461-31487. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365934>
- Naji, S. (2024). Regeneration of the Citadel of Agadir Oufella. *Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism*, (5), 104-123. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9867022>
- Nino-Castano, J. A., Chalarca, B., & Bedoya-Ruiz, D. (2024). Influencia del aislamiento sísmico en el diseño sismorresistente de edificios con estructura de muros de concreto reforzado. *Ingeniería y Competitividad*, 26(1), e-20212779. <https://doi.org/10.25100/iyv.v26i1.12779>
- Onofre, P. J., Amador, J., Lopez, F. I., González, M. I., & Córdoba, A. K. (2025). La transformación digital como perspectiva integral a la manufactura, en el marco de la inteligencia artificial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(4), 9334-9348. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19497
- Orellana, D. A., & Pannillo, G. G. (2025). Comparación del comportamiento sismorresistente de edificaciones en acero A36 diseñadas por el método DDBD y el método FBD bajo el sistema SMF. *Gaceta Técnica*, 26(2), 47-63. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica262.5>
- Ortega, R. M. (2024). Cultura digital, un análisis en educación superior. *Latam: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), 212. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9540951>

Ospina, L. F., & Puerta, C. A. (2021). Análisis de las ventajas y desventajas que ofrece el sistema estructural industrializado, frente al sistema aporticado en zonas de riesgo sísmico alto. *Investigación Escuela Ingenieros Militares*, (16). <https://ingenierosmilitares.edu.co/esingmilco/index.php/cidim/article/view/1>

Pareja, B. (2024). Desafíos de la realidad extendida en la educación técnica: una revisión sistemática. *Revista I+i*, 18, 16-31. <https://doi.org/10.71701/revistaii.v.18.2024.85>

Patel, D., Kumar, R., Mourya, V. K., Pandey, G. (2024). Dynamic behavior of high damping rubber bearings and lead rubber bearings under near-fault earthquakes. *Research on Engineering Structures and Materials*, 10(4). <http://dx.doi.org/10.17515/resm2024.194ea0225rs>

Penazzato, L., Illampas, R. y Oliveira, D. (2024). The Challenge of Integrating Seismic and Energy Retrofitting of Buildings: An Opportunity for Sustainable Materials? *Sustainability*, 16(8), 1-25. <https://doi.org/10.3390/su16083465>

Pino, J. E., Salazar, R. A., & Merino, D. C. (2025). Evaluación de las Prestaciones de un Edificio de Categoría Especial con Disipadores de Energía Dependientes de la Velocidad. *Tesla Revista Científica*, 5(1), e467. <https://doi.org/10.55204/trc.v5i1.e467>

Plevris, V. (2024). AI-driven innovations in earthquake risk mitigation: a future-focused perspective. *Geosciences*, 14(9), 244. <https://doi.org/10.3390/geosciences14090244>

Prieto, D. R. (2024). Gestión de datos de la construcción utilizando modelos BIM. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 5(2), e250:1–11. <https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/250>

Rama, C. (2024). Cambios de las dinámicas de la investigación científica con las tecnologías de comunicación e información de la inteligencia artificial. *Arete, Revista Digital del Doctorado en Educación*, 10(ESPECIAL), 23-32. <https://doi.org/10.55560/arete.2024.ee.10.2>

Ramos, M. A., Ibarra, D. A., Ramirez, G., Ibarra, G. K., & Miranda, I. E. (2023). Modelo digital del campus Universidad de Sonora mediante fotogrametría con drones. *Epistemos (Sonora)*, 17(34), 7-14. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v17i34.263>

Rangrej, V. y Chan, R. (2024). Smart Deployable Scissor Lift Brace to Mitigate Earthquake Risks of Soft-Story Buildings. *Applied Sciences*, 15, 1-19. <https://doi.org/10.3390/app15010027>

Raynal, M. E., Cuanalo, O. A., Hernández, E. I., Díaz, P. L., Árciga, G. D. J. L., & Juárez, J. D. D. (2024). Retos y Perspectivas de la Ingeniería Civil en México. *Strategy, Technology & Society*, 19(2). <https://ijsts.upaep.mx/index.php/standt/article/view/95>

Reyes-García, Y. B., Suarez-Chang, Y., & Tabares-León, Y. (2022). Las redes sociales y su influencia en la transformación de los estudiantes en ciudadanos digitales. *Luz*, 21(3), 113-122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1814-151X2022000300113&script=sci_abstract&tlng=pt

Rimac, W., & Blas, J. (2024). Sistema estructural sismorresistente de las ruinas de Waullac en Huaraz – Perú, 2023. *Aporte Santiaguino*, 17(1), 17-26. <https://doi.org/10.32911/as.2024.v17.n1.1117>

Rodríguez, G. F. (2021). Circulando el juego. Prensa y publicidad alrededor de aparatos de videojuegos al momento de su introducción en la ciudad de Valparaíso (1985-2000). *Revista de Historia y Geografía*, (45), 161-188. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8456636>

Rodríguez, M. E. (2025). Requisitos de control de distorsiones, ductilidad, resistencia e irregularidad estructural en las normas de diseño sísmico de la ciudad de México. *Ingeniería Sísmica*, (114). <https://doi.org/10.18867/ris.114.669>

Romero, E. C. R., & Almache, L. M. A. (2022). Evaluación estructural de la iglesia patrimonial El Tambo considerando base rígida e Interacción dinámica suelo estructura. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(12), 3-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227615>

Romero, M. D. R. (2024). *Ensayo y aplicación de técnicas geoespaciales para la estimación del riesgo sísmico en un edificio de acero* [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/81842/1/MARIA_DEL_ROCIO_ROMERO_JAREN.pdf

Ruchi, K. C. y Fatima, B. (2021). Emergence of earthquake resistant buildings: review of earthquake resistant tall buildings of India. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 14, 386-394. <http://dx.doi.org/10.21088/ij-fmp.0974.3383.14221.54>

Rupay, M. J., Huamani, M., Santos, Y. A., Velásquez, R. A., & Huamani, J. R. (2023a). Análisis estructural utilizando el software ETABS para la identificación del sistema estructural. *Yotantsipanko*, 3(1), 61-71. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.30>

Rupay, M. J., Parra, R. R., & López, J. S. (2024b). Diseño sismorresistente de un sistema de muros estructurales aplicando la Norma E.030 del 2003 y 2018 en la ciudad de La Libertad. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (27), 110-128. <https://doi.org/10.36561/ING.27.8>

SOBRE LOS AUTORES

Edwar Garcia Arevalo

Universidad César Vallejo

<https://orcid.org/0000-0002-6827-2411>

Juan Daniel Tejeira Berrios

Universidad San Ignacio de Loyola

<https://orcid.org/0000-0002-9937-1164>

Juan Carlos Rojas Paredes

Universidad Nacional del Altiplano Puno

<https://orcid.org/0000-0002-1506-5419>

Martin Paucara Rojas

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

<https://orcid.org/0000-0002-5169-102X>

TECNOLOGÍA DIGITAL Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

NUEVAS FRONTERAS PARA LA MITIGACIÓN SÍSMICA

www.arcoeditores.com
contato@arcoeditores.com
(55)99723-4952

ARCO
EDITORES